

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO DE SISTEMAS

**TEMA:
ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE
UNA RED MESH CON CALIDAD DE SERVICIO, RUTEO Y
SEGURIDADES, MEDIANTE EL USO DE EQUIPOS MIKROTIK,
TOMANDO COMO REFERENCIA LA RED INALÁMBRICA DE LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO, CAMPUS
SUR**

**AUTORES:
DENNISSE GIOCELYN MIER GONZÁLEZ
SANTIAGO DAVID VELÁSQUEZ DURAN**


**DIRECTOR:
JORGE ENRIQUE LÓPEZ LOGACHO**

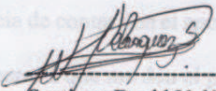
Quito, junio de 2013

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE GRADO

Nosotros, Deminse Giocelyn Mier González y Santiago David Velásquez Duran autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad los autores.

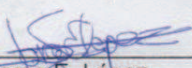

Deminse Giocelyn Mier González
CC: 172036262-1


Santiago David Velásquez Duran
CC: 171849642-3

CERTIFICADO

Certifico que el presente trabajo de Tesis titulado **"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED MESH CON CALIDAD DE SERVICIO, RUTEO Y SEGURIDADES, MEDIANTE EL USO DE EQUIPOS MIKROTIK, TOMANDO COMO REFERENCIA LA RED INALÁMBRICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO, CAMPUS SUR"**, ha sido dirigido, asesorado, supervisado y realizado bajo mi dirección en todo su desarrollo tanto en la parte metodológica, técnica así como en lo referente a la sintaxis y ortografía, y dejó constancia que este trabajo es de autoría de la Srta. Dennisse Giocelyn Mier González y el Sr. Santiago David Velásquez Duran.

Atentamente,


Ing. Jorge E. López
TUTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres y doy gracias Dios por darme vida y a ustedes padres por enseñarme a llorar y reír.

Ustedes has sido mi ejemplo para ser luchadora y decidida, para poder enfrentarme a las adversidades, me enseñaron a levantarme después de cada tropiezo, a ser perseverante y paciente, a pisar con pasos fijos para alcanzar mis metas, a ver los problemas con la cabeza fría y como situaciones que tienen solución.

Me siento dichosa de tener la fortuna de ser hija de ustedes, con los excelentes valores que me han inculcado, gracias por enseñarme la importancia de contar con el apoyo de una familia unida y por darme las herramientas para pescar y no esperar a que me den el pescado.

Con todo mi amor les doy gracias por su apoyo para mi formación personal y profesional.

Dennisse Mier González

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado salud para lograr uno de mis objetivos y por haberme guiado por el camino del bien.

En este proyecto se muestra el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo, por esto agradezco a nuestro director de tesis y amigo Ing. Jorge López, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma, a mi compañero Santiago Velásquez quien a lo largo de este tiempo ha sido mi compañero de fórmula y con el cual hemos finalizado el proyecto, llenando todas nuestras expectativas.

A Juan Carlos, quiero agradecer por su amistad, por su apoyo, siempre generoso y dispuesto a compartir sus conocimientos y experiencias de tipo profesional y personal que fueron de un gran valor e importancia para mi formación profesional.

A mis padres por la confianza brindada y quienes han sido un apoyo incondicional tanto anímicamente como económicamente para la culminación de mi formación académica.

A mis hermanos por los consejos brindados que me han ayudado afrontar los retos que se me han presentado a lo largo del camino.

A mi familia que de una u otra forma me han brindado su apoyo y han confiado en mis capacidades.

Y gracias a todos los que me brindaron su ayuda en este proyecto.

Dennisse Mier González

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mi Familia. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres Hugo y Gladys, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad es por ellos que soy lo que soy ahora, a mi hermano que con sus consejos y ayuda me ha guiado hasta llegar en este punto de mi vida
Los amo con mi vida.

Santiago Velásquez Duran

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia a mi Padre Hugo Velásquez, mi Madre Gladys Duran a mi hermano Patricio Velásquez; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A mi compañera Dennisse Mier que a lo largo del proyecto hemos superado obstáculos que se presentan para llegar a este término

A Juan Carlos Figueroa por la amistad, el apoyo y ayuda que nos ha brindado en el desarrollo de la tesis.

A nuestro director de tesis Ing. Jorge López quién nos ayudó y brindo apoyo en todo momento.

Por último a mis amigos que forman parte de mi vida y me han apoyado en todo momento de mi vida.

Santiago Velásquez Duran

ÍNDICE

Introducción	1
 CAPÍTULO I	 2
PARÁMETROS DEL PROYECTO	2
1.1 Importancia de la investigación.....	2
1.1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Alcances	6
 CAPÍTULO II	 8
INTRODUCCIÓN	8
2.1 Onda de radio	8
2.1.1 Características fundamentales de las ondas de radio	9
2.1.2 Reflexión y refracción de ondas	9
2.1.2.1 Refracción	10
2.1.2.2 Dispersión	11
2.1.2.3 Difracción	12
2.2 Polarización	13
2.2.1 Tipos de polarización	13
2.3 Espectro electromagnético	16
2.4 Ancho de banda	17
2.5 Frecuencias y canales	17
2.6 Línea visual	18

2.7 Wireless local loop (WLL)	20
2.7.1 Arquitectura de WLL	22
2.7.1.1 Network Operations Center (Centro de operaciones de red)	22
2.7.1.2 Backbone	23
2.7.1.3 Estación base	23
2.7.1.4 Equipos de usuario (CPE)	24
2.8 WIFI	24
2.9 Virtual router redundancy protocol (VRRP)	25
 CAPÍTULO III	 27
ESTÁNDARES IEEE 802.11 – WIFI	27
3.1 Capa Mac de 802.11	27
3.2 802.11a - Transmisión de datos en la banda de 5ghz a alta velocidad	27
3.3 802.11b - Transmisión de datos en la banda de 2.4Ghz	28
3.4 802.11e - QoS - Calidad de servicio	29
3.5 802.11g - Transmisión de datos adicional banda 2.4 Ghz	30
3.6 802.11h - Espectro y potencia en Ecuador - Banda 5 Ghz	31
3.7 802.11i - Mejoras en seguridad WIFI (WPA/WPA2)	31
3.8 802.11k - Mediciones y gestión de radiofrecuencias en WIFI	32
3.9 802.11n - Transmisión de datos - Alta velocidades (MIMO).....	33
3.10 802.11s - Redes Mesh	35
3.11 802.11u - Internetworking con otras redes	35
3.12 802.11v - Access Point, Gestión de clientes (MIB)	36
3.13 802.11w - Seguridad de paquetes de management	37
 CAPÍTULO IV	 39
REDES MESH	39
4.1 Introducción a las redes inalámbricas	39
4.1.1 Tipos de redes inalámbricas	41

4.2 Capa PHY y MAC	45
4.3 Protocolos de ruteo	46
4.3.1 Protocolo de ruteo de redes Mesh	47
4.3.2 MME (Mesh Made Easy)	49
4.3.3 MMRP (Mobile Mesh Routing Protocol).....	50
4.4 Calidad de servicio (QoS).....	50
4.4.1 Tipos de colas	51
4.4.2 Colas simples	53
4.4.3 Árboles de colas	53
4.5 Características de RouterOS	53
4.6 Escenarios de aplicabilidad	53
 CAPÍTULO V	 55
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA RED MESH	55
5.1 Introducción	55
5.2 Requisitos para el diseño de la red WMNS	56
5.2.1 Requisitos generales	56
5.2.2 Requisitos específicos	57
5.3 Descripción de la tecnología a emplearse en el diseño de la red WMNS	58
5.3.1 Arquitectura Mesh para Redes Wi-Fi	58
5.4 Enlaces WI-FI	60
5.4.1 El cálculo de los enlaces	60
5.5 Características principales Mikrotik	63
5.6 Metodología de la investigación y desarrollo	66
5.6.1 Fase I. Análisis de la situación actual	66
5.6.1.1 Estudio y análisis de site survey	67
5.6.2 Fase II. Análisis de requerimientos	81

5.6.3 Fase III. Diseño	81
5.6.3.1 Requerimientos de ancho de banda de la red WMNS	81
5.6.3.2 Criterios para la planificación de frecuencias de red WMNs	83
5.6.3.3 Equipos para redes WMNs	84
5.6.3.3.1 Equipos comunes para redes WMNS	84
5.6.3.3.2 Equipos específicos para la red WMNS en Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur	86
5.6.3.3.2.1 Estación cliente	86
5.6.3.3.2.1.1 Antenas	86
5.6.3.4 Diseño de la red WMNS con Radio Mobile	89
5.6.3.4.1 Aplicaciones de control y monitoreo	106
5.6.3.5 Configuración de red prototipo	110
5.6.4 Fase IV. Prototipo y pruebas	117
5.7 Análisis comparativo de equipos Mesh	124
5.7.1 Perspectiva técnica y económica	124
Conclusiones	128
Recomendaciones	129
Glosario	130
Referencias Bibliográficas	138
Anexos	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Onda de radio	9
Figura 2.2 Reflexión y transmisión	10
Figura 2.3 Refracción	11
Figura 2.4 Dispersión	12
Figura 2.5 Difracción.....	13
Figura 2.6 Polarización lineal.....	14
Figura 2.7 Polarización circular.....	15
Figura 2.8 Polarización elíptica	15
Figura 2.9 Espectro electromagnético	16
Figura 2.10 Línea de Vista	18
Figura 2.11 Cercano a la Línea de Vista	19
Figura 2.12 Línea de vista	19
Figura 2.13 Zona de Fresnel	20
Figura 2.14 Wireless Local Loop	21
Figura 2.15 VRRP	26
Figura 4.1 Larga distancia	40
Figura 4.2 Distancia corta.....	40
Figura 4.3 Red Wwan	42
Figura 4.4 Red WMAN	43
Figura 4.5 Red Wlan.....	44
Figura 4.6 Red Wpan.....	45
Figura 5.1 Solución Mesh con equipos Mikrotik	56
Figura 5.2 Arquitectura de red Mesh con tecnología WIFI.....	59
Figura 5.3 Cálculo de radio enlace	63
Figura 5.4 Frecuencias UPS sur biblioteca.....	68

Figura 5.5 Ganancia de red UPS biblioteca (Celular inteligente)	68
Figura 5.6 Área de cobertura UPS biblioteca.....	69
Figura 5.7 Área de cobertura UPS edificio principal segundo piso	70
Figura 5.8 Área de cobertura UPS edificio principal 3er piso	70
Figura 5.9 Área de cobertura UPS edificio principal 4to piso	71
Figura 5.10 Frecuencia UPS sur bloque secretaria	72
Figura 5.11 Ganancia UPS sur secretaria (Celular iInteligente)	72
Figura 5.12 Área de cobertura UPS sur edificio secretaria	73
Figura 5.13 Frecuencia UPS sur bloque academia cisco.....	74
Figura 5.14 Frecuencia UPS Sur bloque academia cisco (Celular inteligente).....	74
Figura 5.15 Área de cobertura	75
Figura 5.16 Frecuencia UPS Sur bloque laboratorio de electrónica	76
Figura 5.17 Ganancia UPS Sur bloque laboratorio de electrónica (Celular inteligente).76	
Figura 5.18 Área de cobertura UPS Sur bloque laboratorio de electrónica	77
Figura 5.19 Frecuencias UPS Sur bloque de pastoral	78
Figura 5.20 Ganancia UPS Sur bloque de pastoral (Celular inteligente)	78
Figura 5.21 Área de cobertura UPS Sur bloque de pastoral	79
Figura 5.22 Frecuencias UPS Sur edificio G.....	80
Figura 5.23 Área de cobertura UPS Sur edificio G	80
Figura 5.24 Antena Ubiquiti AirMAX 2.4GHz Sectors	87
Figura 5.25 Patrones de antena RF	88
Figura 5.26 Mapa UPS – Sur.....	90
Figura 5.27 Propiedades de mapa en Radio Mobile	90
Figura 5.28 Radio Mobile ingreso de unidades.....	91
Figura 5.29 Coordenadas de la base cisco	92
Figura 5.30 Unidades	93

Figura 5.31 Parámetros de las propiedades de red	94
Figura 5.32 Topología de las propiedades de red	95
Figura 5.33 Miembros de las propiedades de red.....	96
Figura 5.34 Sistemas de las propiedades de red	97
Figura 5.35 Radio Enlace BaseEdifPrincipal - BaseParqueadero	98
Figura 5.27 Enlace Mesh UPS - SUR	99
Figura 5.28 Dude	100
Figura 5.29 Winbox	101
Figura 5.30 Cover Zone	101
Figura 5.31 Wifi Analyzer	102
Figura 5.32 Descarga	102
Figura 5.33 Actualización	103
Figura 5.34 Carga de winbox	103
Figura 5.35 Actualización 411AH	104
Figura 5.36 Reinicio	104
Figura 5.37 Identificador	105
Figura 5.38 Nombre del equipo	105
Figura 5.39 Configuración interfaz	105
Figura 5.40 Parámetros inalámbrica	106
Figura 5.41 Pestaña WDS	107
Figura 5.42 Activación interfaz inalámbrica	107
Figura 5.43 Opciones inalámbrica	108
Figura 5.44 Pestaña general inalámbrica	108
Figura 5.45 Pestaña WDS	109
Figura 5.46 Vecinos Mesh	109
Figura 5.47 Creación Mesh	109
Figura 5.48 Pestaña de puertos	110

Figura 5.49 Configuración de puertos	110
Figura 5.50 Ingreso de dirección IP	111
Figura 5.51 Ingreso puerta de enlace	111
Figura 5.52 Asignación DHCP	111
Figura 5.53 NAT del equipo	112
Figura 5.54 Parámetros HotSpot	112
Figura 5.55 Ingreso IP equipo HotSpot	113
Figura 5.56 Perfiles de usuarios	113
Figura 5.57 Creación de usuarios	113
Figura 5.58 Asignación de usuarios	114
Figura 5.59 Creación de colas	114
Figura 5.60 VRRP	115
Figura 5.61 Interfaz VRRP	115
Figura 5.62 Asignación de IP al VRRP	116
Figura 5.63 VRRP esclavo	116
Figura 5.64 Asignación de IP	116
Figura 5.65 Revisión de interfaz	117
Figura 5.66 Revisión de rutas	117
Figura 5.67 Pruebas con ping	118
Figura 5.68 Pruebas de ping al gateway	118
Figura 5.69 Pruebas de ping interfaz VRRP	119
Figura 5.70 Revisión de interfaz	119
Figura 5.71 Prueba de ping interfaz VRRP	120
Figura 5.72 Pruebas de ping	120
Figura 5.73 Prueba de ping al gateway	121
Figura 5.74 Pruebas de tráfico	122
Figura 5.75 Usuarios activos	122

Figura 5.76 Prueba de ping desde el usuario	123
Figura 5.77 Prueba de ping desde el usuario	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1 Comparación de Licencias	65
Tabla 5.2 Ancho de banda típico para servicios de datos	82
Tabla 5.3 Número aproximado del personal	82
Tabla 5.4 Demanda total de ancho de banda	83
Tabla 5.5 Especificaciones Mikrotik	86
Tabla 5.6 Especificaciones AIRMAX AM-2G16-90	89
Tabla 5.7 Ubicación de las unidades	91
Figura 5.8 Características de equipos Mesh	125
Figura 5.9 Presupuesto equipos Mikrotik	126
Figura 5.10 Presupuesto equipos Teletronics	126
Figura 5.11 Presupuesto equipos Moto Mesh Dúo	127

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Datasheet Poe
ANEXO B: Datasheet MiniPci R52Hn
ANEXO C: Datasheet RB411AH
ANEXO D: Datasheet RB 411 selection guide
ANEXO E: Datasheet Antena Sectoria Ubiquiti

Resumen

Debido al fácil acceso que hoy en día se tiene al alcance de nuevas tecnologías que esté dispuesto a soportar la infraestructura, servicio, seguridad y disponibilidad esto con esto se presenta la siguiente tesis, se realizara el análisis y un diseño de un prototipo de una red Mesh presentando como una solución eficiente y económica para los problemas de cobertura, seguridad y movilidad. Con la ayuda de la tecnología mikrotik se diseña esta red en base a la red inalámbrica de la Universidad Politécnica Salesiana campus Sur facilitando la cobertura del servicio de internet en todo el campus.

En los primeros capítulos se estudia los conceptos básicos que se necesita para la utilización de protocolo 802.11 para esta prototipo, en los siguientes capítulos se explicara como seria implementado la red Mesh, como estará las configuración con pruebas realizadas con toda la información necesaria con esto se demostrara la eficiencia en la utilización estos equipos.

Finalmente se redacta las conclusiones a las que se llegó una vez finalizado el prototipo demostrando así los resultados que se obtuvo presentados en los objetivos.

Abstract

Due to the easy access that today have the reach of new technologies that are willing to support the infrastructure, service, security and availability that with this we present the following thesis, we perform the analysis and design of a prototype of a network Mesh presenting as an efficient and economical solution to the problems of coverage, security and mobility. With the help of technology mikrotik this network is designed based on wireless network Salesian University South Campus facilitating internet service coverage throughout the campus.

In the first chapters we study the basic concepts needed for the use of 802.11 for this prototype, in the following chapters explain how serious the mesh network deployed, as will the configuration tests with all necessary with this information demonstrate the efficiency of this equipment utilization.

Finally it draws conclusions to which I get once the prototype thus demonstrating the results presented in the goals scored.

Introducción

Debido a la deficiencia que presentan las redes inalámbricas en cobertura limitada, baja velocidad, alta latencia, interrupciones frecuentes y saturación del servicio debido a la gran cantidad de usuarios concurrentes que acceden a la red en hora pico, dificultades para el acceso y salvaguarda de registros de tráfico, dispositivos, usuarios, ausencia de firewall, ausencia de reglas calidad de servicio, control tráfico y cálculo de enlaces de red de forma dinámica.

En la actualidad el uso de redes Mesh es considerada como una solución eficiente y económica para los problemas de cobertura, seguridad y movilidad. La forma de comunicación distribuida de estas redes las convierte en elementos fundamentales para lograr la transmisión de información en circunstancias poco favorables de algunas aplicaciones.

Este proyecto, generará un modelo de mejores prácticas por medio de la implementación de QoS, seguridades y ruteo basándose en una red modelo de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur con la utilización de tecnología Mikrotik. La infraestructura de la red que se tomará como modelo referencial, se presta tanto a nivel de infraestructura como a nivel de comportamiento de usuarios concurrentes, para realizar el análisis.

Se hace mención sobre los equipos WMNs que en la actualidad están disponibles en el mercado con el fin de seleccionar los productos que mejor se adapten a las necesidades específicas del área seleccionada. Se estudiará algunos equipos con los cuales se podría realizar la implementación de la red e identificar el equipo que se acople a las necesidades económicas y técnicas.

CAPÍTULO I

PARÁMETROS DEL PROYECTO

1.1 Importancia de la investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

Las redes Mesh se consideran como una solución eficiente y económica para los problemas de cobertura, seguridad y movilidad. La forma de comunicación distribuida de estas redes las convierte en elementos fundamentales para lograr la transmisión de información en circunstancias poco favorables de algunas aplicaciones.

La deficiencia que presentan las redes inalámbricas es en la cobertura limitada, baja velocidad, alta latencia, interrupciones frecuentes y saturación del servicio debido a la gran cantidad de usuarios concurrentes que acceden a la red en hora pico, dificultades para el acceso y salvaguarda de registros de tráfico, dispositivos, usuarios, ausencia de firewall, ausencia de reglas QoS, control tráfico y cálculo de enlaces de red de forma dinámica.

Un elevado porcentaje de redes son instaladas sin tener en consideración la seguridad convirtiendo así su infraestructura en redes abiertas o completamente vulnerables ante el intento de acceder a ellas por terceras personas, sin proteger la información que por ellas circulan. De hecho, la configuración por defecto de muchos dispositivos Wi-Fi es muy insegura como los routers, por ejemplo, dado que a partir del identificador del dispositivo se puede conocer la clave de éste; y por tanto acceder y controlar el dispositivo en sólo unos segundos. Sin duda el problema de la seguridad en las redes inalámbricas se puede o no ofrecer protección contra intrusos, pero esto debido a los grandes avances, equipos y software existentes en el mercado poco a poco está disminuyendo.

Por la necesidad de controlar costos y optimizar el rendimiento de la red, se presentan los siguientes problemas: falta de escalabilidad, crecimiento de los requerimientos de ancho de banda, falencia en calidad de servicio y ataques constantes a la seguridad de la red.

Las WMN se exponen a las mismas amenazas básicas y comunes de las redes inalámbricas como que los mensajes pueden ser interceptados, modificados, retrasados, reenviado, o los nuevos mensajes pueden ser insertados. Toda red que posee recursos importantes y se trata de combatir estas amenazas:

- **Confidencialidad:** Los datos se revelan solamente en las entidades o personas interesadas.
- **Autenticación:** Una entidad tiene de hecho la identidad que demanda tener, es decir, reconocimiento de los usuarios dueños del servicio.
- **Control de acceso:** Se asegura de que solamente las acciones autorizadas puedan ser realizadas.
- **No negación:** Protege las entidades que participan en un intercambio de la comunicación puede negar más adelante algo falso que ocurrió el intercambio.
- **Disponibilidad:** Se asegura de que las acciones autorizadas puedan tomar lugar.

Debido a que la comunicación se establece en un medio libre, la posibilidad de ser atacados o que una persona extraña se apodere de la red, son significativas. Sin embargo, existe la seguridad que prestan los equipos Mikrotik por medio de hotspot y Radius para proporcionar la autenticación dentro de una red local (para acceder a Internet), pero puede también ser utilizado para autorizar el acceso a las redes externas para poder ingresar a los recursos locales.

La pérdida de conexión con los proveedores de servicio de internet ocasiona retrasos en el trabajo lo que conlleva a molestias por parte del usuario, por lo cual lo más opcional es utilizar el protocolo VRRP, que proporciona redundancia de Gateway, permitiendo reducir el tiempo medio entre fallos de la salida de internet en la red LAN. Para complementar el proceso de redundancia y obtener un mayor control en el ancho de banda se plantea balancear la carga, dividiendo el tráfico entre diversos caminos basados en el criterio de optimizar la red.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar y diseñar un modelo de implementación de una red Mesh con calidad de servicio, ruteo y seguridades, mediante el uso de equipos Mikrotik, tomando como referencia la red inalámbrica de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Campus Sur

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un Site Survey a la red de la Universidad Politécnica Salesiana
- Elaborar un prototipo de red Mesh utilizando equipos Mikrotik con estándares 802.11g
- Implementar redundancia al ingreso de servicios con el protocolo Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP), con balanceo de carga
- Construir un modelo piloto con Calidad de Servicio Qos, Ruteo y Seguridades con un hotspot autenticándose en un servidor Radius proporcionados en el equipo Mikrotik
- Verificar el correcto desempeño de la red Mesh, usuarios que interconectan a la red como sus respectivas seguridades y protocolos, a través de un prototipo
- Asegurar la confiabilidad y la disponibilidad de la información, aumentar la transmisión de los datos y determinar la relación costo-beneficio del prototipo

1.3 Justificación

La utilización de las redes MESH se ha incrementado en los últimos años, debido a la necesidad de cubrir mayores distancias, mayor velocidad de transmisión, cobertura y calidad de la señal. Este proyecto, generará un modelo de mejores prácticas por medio de la implementación de QoS, seguridades y ruteo basándose en una red modelo de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur con la utilización de tecnología Mikrotik. La infraestructura de la red que se tomará como modelo referencial, se presta tanto a nivel de infraestructura como a nivel de comportamiento de usuarios concurrentes, para realizar el análisis.

Las tecnologías emergentes conocidas como redes inalámbricas en malla (Wireless Mesh Network, WMN), mitigan la debilidad en las redes inalámbricas tradicionales. La comunicación en una red en malla puede llegar a alcanzar grandes zonas de cobertura, explotando las capacidades de múltiples saltos por cada uno de los nodos que la componen, volviendo a la red flexible y robusta con costos de operación bajo en comparación con las redes inalámbricas centralizadas.

Al no depender de un solo equipo para su desempeño, las redes en malla adquieren gran robustez y más eficiente consumo del ancho banda en comparación con las redes de un solo salto. En las redes de un solo salto donde existe un dispositivo encargado de controlar el flujo que sigue la información en la red, se tiene la posibilidad de que todos los servicios se interrumpan si dicho nodo deja de operar. En la arquitectura de red en malla, si el nodo más cercano cae o si ocurre una interferencia, la red continuará funcionando; los datos son simplemente enviados por una ruta alternativa.

Las Mikrotik permiten obtener todo en un solo producto a muy bajo costo, brindando equipos potentes que si se combinan con una antena de doble polaridad se obtienen grandes beneficios, como la distribución y segmentación de anchos de banda.

La principal aportación para este trabajo es el definir un modelo de simulación que sirva de referencia para el estudio de las redes inalámbricas en malla basadas en el estándar IEEE 802.11, que se combinara aplicando las seguridades que ofrece Mikrotik como el hotspot y Radius que permitirá la autenticación de los clientes antes de acceder a las redes públicas, además mediante una planificación se puede llegar a establecer el ancho de banda con el cual el usuario o usuarios navegarán durante la conexión.

También es indispensable el uso de alta disponibilidad, ya que típicamente existe un tiempo de inactividad que es perjudicial para la operación del sistema y de los usuarios, por lo cual se recurrirá a la utilización del protocolo VRRP, que está diseñado para aumentar la disponibilidad de la puerta de enlace por defecto dando servicio a las máquinas. El aumento de fiabilidad se consigue mediante el anuncio de un router virtual como una puerta de enlace por defecto en lugar de un router físico. Dos o más routers

físicos se configuran representando al router virtual, con sólo uno de ellos realizando realmente el enrutamiento. Si el router físico actual que está realizando el enrutamiento falla, el otro router físico negocia para sustituirlo. Se denomina router maestro al equipo físico que realiza realmente el enrutamiento y routers de respaldo a los que están en espera de que el maestro falle.

VRRP es un protocolo muy robusto y es compatible con los routers de gran capacidad como CISCO, JUNIPER, HUAWEI, e inclusive con el VRRPD de Linux.

1.4 Alcances

Se realizará un estudio utilizando Site Survey a la red de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, con la finalidad de obtener una topología del área que será como referencia para el desarrollo, de esta manera se podrá identificar las áreas de usuarios donde están utilizando el servicio, así se verificará la locación de los Access Points y se procederá a documentar los resultados obtenidos, se encontrara sitios de cobertura que se tiene, que tipo de servicio se está prestando a los usuarios, que seguridades se presenta en la red, que calidad de servicio posee la red y además sus características.

Se utilizara una PC para la administración de la red con el programa winbox para la administración de los equipos Mikrotik.

Se realizará la propuesta de una red con redundancia utilizando el protocolo Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) evitando así posibles caídas de servicio con balanceo de carga en la parte de proveedores, calidad de servicio dinámico, cobertura de servicio en cualquier parte del campus y seguridad en la parte de usuarios.

Se hará un prototipo de esta red propuesta de la siguiente manera:

- Se realizará la conexión Mesh o en malla entre los dispositivos Mikrotik, para desempeñar la conexión entre bases con el estándar 802.11a de 5 GHz, con sus respectivos protocolos propietarios de Mikrotik con lo cual asegura un mejor

desempeño y seguridad. Se utilizara el estándar IEEE 802.11b/g/n de 2.4 GHz con equipos Mikrotik situados en puntos claves así con esto se tendrá cobertura en todos los sectores de la sede, brindando el servicio de internet a los usuarios.

- EL protocolo de ruteo que se usará es OSPF v2 soportados por el equipo Mikrotik. Para esta red se añadirá QoS dinámico y se tendrá un control por medio de un hotspot a los usuarios autenticándose en un servidor Radius interno del equipo Mikrotik para mayor seguridad.
- En la parte del ingreso del servicio de internet de los proveedores se realizará redundancia con balanceo de carga.

Con esto se hallará la factibilidad de la red propuesta, probando así la confiabilidad de los equipos con sus respectivos protocolos y demás servicios.

Para la administración de los equipos Mikrotik se utilizará una PC con el programa winbox, se monitoreara el tráfico que está cruzando por la red usando el programa stg que trabaja con el protocolo Snmp y para saber cuánto trafico está pasando por la interface Ethernet de la PC se utiliza el programa NetPerSec.

Dentro del equipo Mikrotik se utilizará el tool llamado Bandwidth Test este servirá para saturar el canal ver cuando trafico podemos pasar por la red.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN

2.1 Onda de radio

La onda consiste en una perturbación que se propaga con una determinada dependencia que avanza o que se propaga en un medio material o incluso en el vacío. Dado que la perturbación de una magnitud física consiste a menudo en una variación periódica y, sobre todo, oscilatoria, esta puede considerarse como la propagación de una vibración originada en un punto.

Onda electromagnética: Producida por las oscilaciones de un campo eléctrico en relación con un campo magnético asociado. La longitud de onda es la distancia medida desde un punto en una onda hasta la parte equivalente de la siguiente, por ejemplo desde la cima de un pico hasta el siguiente.

La frecuencia es la medida del número de veces que se repite un fenómeno por unidad de tiempo. Los fenómenos ondulatorios, tales como el sonido, de la radio o la luz, señales eléctricas u otras ondas expresa el número de ciclos que se repite la onda por segundo, el resultado se mide en Hertzios; se tiene una relación inversa con el concepto de longitud de onda distancia entre dos picos de tal manera que la frecuencia es igual a la velocidad de desplazamiento de la onda dividida por la longitud de onda.

Las ondas también tienen una propiedad denominada amplitud. Es la medida de la magnitud de la máxima altura del medio producida por la onda.

En la figura 2.1 se muestra los conceptos anteriormente descritos.

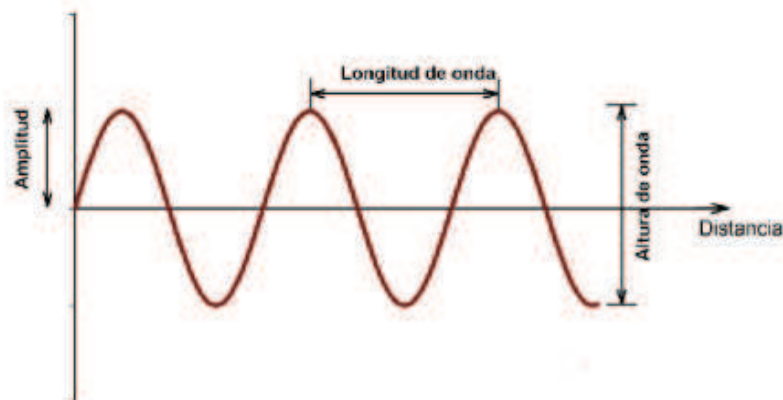


Figura 2.1 Onda de radio

Fuente: (Rubio, s.f.)

2.1.1 Características fundamentales de las ondas de radio

El comportamiento de las ondas dependerá del medio de transmisión, del tipo de información que se desee enviar y de los equipos a utilizar. Las características principales de las ondas de radio son:

- La distancia que puede llegar a recorrer ya que dependerá de la potencia del equipo transmisor.
- La cantidad de información que se podrá transmitir, esto dependerá de la cantidad de ondas que puedan entrar en un periodo de un segundo, cuanto más rápida sea la oscilación o ciclo de la onda, mayor cantidad de información puede transportar.

2.1.2 Reflexión y refracción de ondas

Las ondas electromagnéticas pueden viajar en el vacío y se propagan por un medio que puede ser elástico u homogéneo, estas viajan a través de un medio inicial produciéndose así los efectos conocido como reflexión, refracción y dispersión de ondas.

Reflexión

Cuando una onda viaja y esta se encuentra con otro tipo de superficie, la mayor parte de la onda incidente se refleja sobre dicha superficie se conoce como reflexión. Esta puede ser de dos tipos: especular cuando la superficie de incidencia es lisa (el ángulo de incidencia es igual al reflejado) y difusa cuando la superficie de incidencia tiene

imperfecciones. La reflexión es común tanto a las ondas mecánicas como a la luz y ondas electromagnéticas.

Las dos leyes que resumen el fenómeno de la reflexión con respecto al medio de separación son:

- Cada rayo de la onda incidente y el rayo correspondiente de la onda reflejada están contenidos en un mismo plano que es perpendicular a la superficie de separación entre los dos medios en el punto de incidencia.
- El ángulo que forman el rayo incidente y el rayo reflejado con la recta perpendicular a la frontera son iguales. Estos se conocen, respectivamente, como ángulo de incidencia y ángulo de reflexión es decir incidente y reflejado se encuentran en el mismo plano, que es perpendicular al de incidencia y forman un mismo ángulo con la normal en el punto de incidencia.

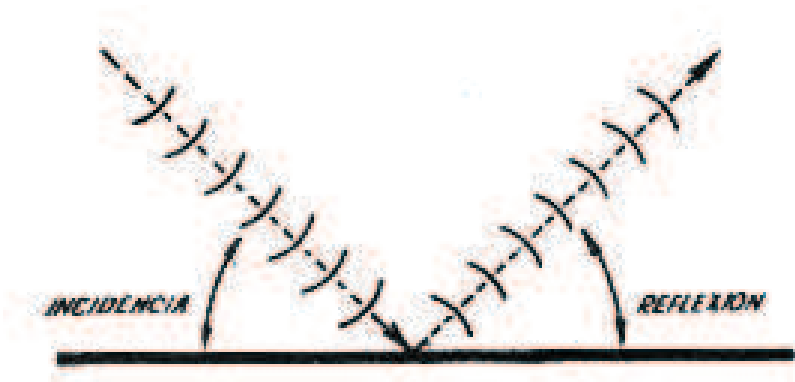


Figura 2.2 Reflexión y Transmisión

Fuente: (Alexander, 2009)

2.1.2.1 Refracción

La refracción es el cambio de dirección de una onda electromagnética conforme pasa oblicuamente de un medio a otro, con diferentes velocidades de propagación, por lo tanto, este tipo de onda se da siempre que una onda electromagnética pasa de un medio a otro de diferente densidad. El ángulo de incidencia es el formado entre la onda incidente y la normal, el ángulo de refracción es el formado entre la onda refractada y la normal.

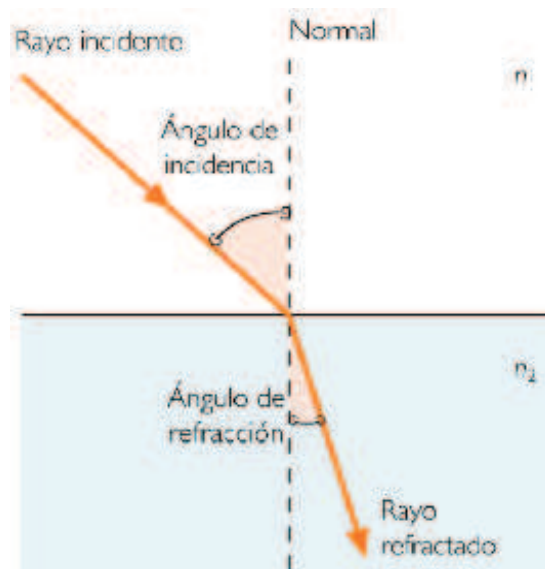


Figura 2.3 Refracción

Fuente: (Jaramillo, 2012)

2.1.2.2 Dispersión

La dispersión ocurre cuando el medio por el cual viaja la onda electromagnética está formado por objetos con dimensiones pequeñas comparadas a la longitud de onda λ y donde hay un gran número de obstáculos por volumen de unidad. Las ondas dispersadas son producidas por las superficies ásperas, objetos pequeños o por otras irregularidades en el canal (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010), es un proceso de interacción general entre las ondas electromagnéticas y varios objetos, provoca que parte de la energía sea irradiada en direcciones diferentes. Si hay muchos objetos en la trayectoria de la señal, entonces el frente de onda propagado se dividirá en muchas direcciones, añadiéndose a las interferencias constructivas y destructivas de la señal, en la figura 2.4 se ve que las ondas al chocar con algún objeto produce el efecto dispersión.

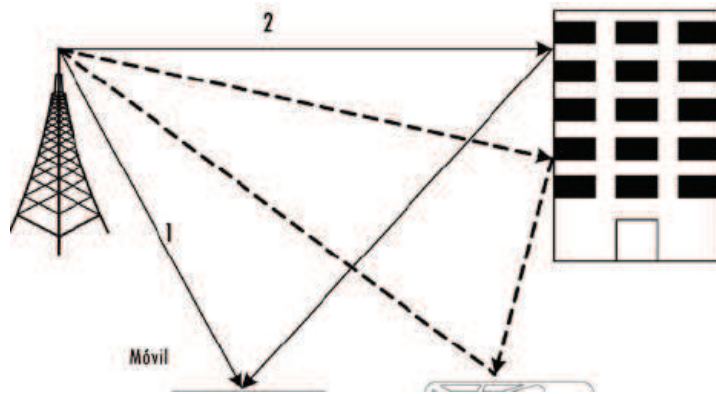


Figura 2.4 Dispersión

Fuente: (Torres & Páez, 2008)

2.1.2.3 Difracción

La difracción ocurre cuando la trayectoria de radio entre el transmisor y el receptor está obstruida por una superficie que tiene irregularidades o bordes, las ondas secundarias resultantes desde la superficie obstructora están presentes a través del espacio e incluso detrás del obstáculo dando lugar a una flexión de ondas alrededor del obstáculo, al igual que cuando no existe una trayectoria de línea de visión entre el transmisor y el receptor. (Figaro) Esta como la reflexión depende de la geometría del objeto así como la amplitud, la fase y la polarización de la onda incidente al punto de difracción.

En la difracción se genera una pérdida de potencia de transmisión, donde la potencia de la onda difractada es significativamente menor que el frente de onda que la provoca. El Principio de Huygens provee un modelo para comprender este comportamiento donde cada punto de un obstáculo genera un nuevo frente de ondas que puede hasta rodear un obstáculo, este fenómeno se da en todas las frecuencias cuando más bajas es la frecuencia las ondas se difractan más, en contraposición cuanto más alta la frecuencia de la transmisión más alta será la pérdida. (Figaro)

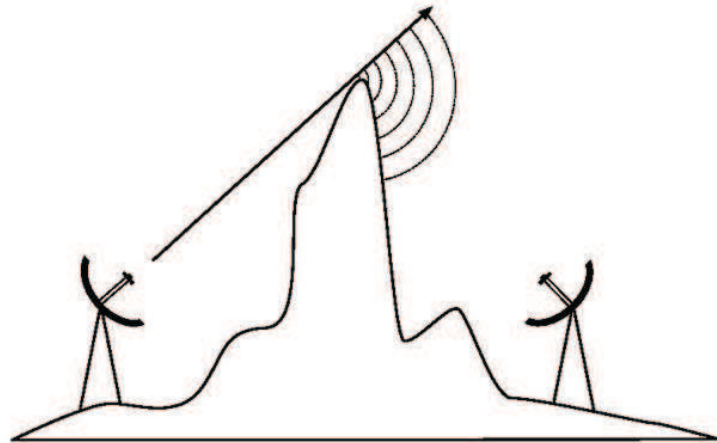


Figura 2.5 Difracción

Fuente: (externo, 2008)

2.2 Polarización

Es aquel fenómeno que se produce cuando el campo eléctrico oscila sólo en un plano denominado plano de polarización. Este plano puede definirse por dos vectores, uno de ellos paralelo a la dirección de propagación de la onda y otro perpendicular a esa misma dirección el mismo que indica la dirección del campo eléctrico.

2.2.1 Tipos de polarización

La polarización está definida por la trayectoria que describe el campo eléctrico o magnético sobre un plano en función de esto la polarización se clasifica en: polarización lineal, circular, elíptica. A continuación se ilustra de mejor manera dicha clasificación, en donde el campo eléctrico está representado por el color azul, los componentes X, Y por el color rojo y verde, el eje vertical representa el tiempo y el color púrpura es la trayectoria que describe el vector en el plano.

Polarización Lineal

En cualquier punto del espacio, el vector del campo eléctrico oscila arriba y abajo a lo largo de una línea vertical y se dice que la onda está linealmente polarizada como se representa en la figura 2.6.

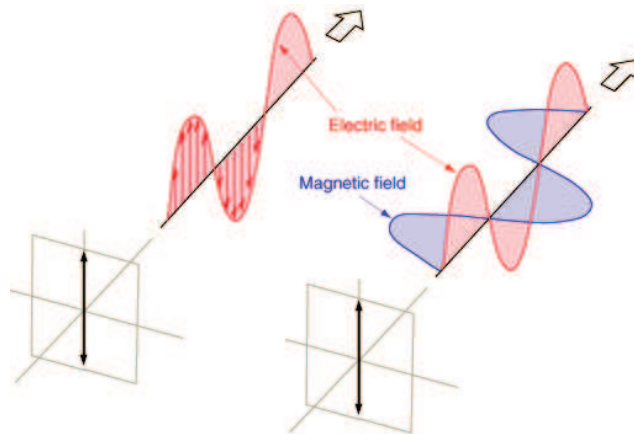


Figura 2.6 Polarización Lineal

Fuente: (Olmo & Nave, Gráfica Polarización Lineal, 2005)

Polarización Circular

Esta se representa cuando dos componentes ortogonales tienen exactamente la misma amplitud y están desfasadas exactamente 90° . En este caso, una componente se anula cuando la otra componente alcanza su amplitud máxima o mínima.

Existen dos relaciones posibles que satisfacen esta exigencia de forma que la componente X puede estar 90° adelantada o retrasada respecto a la componente Y. El sentido (horario o antihorario) en el que gira el campo eléctrico depende de cuál de estas dos relaciones se de. (RF Fiber Optic Solutions by Foxcom Leading the Industry, 1995)

En este caso especial, la trayectoria trazada en el plano por la punta del vector de campo eléctrico tiene la forma de una circunferencia a esto se denomina polarización circular como se aprecia en la figura 2.7.

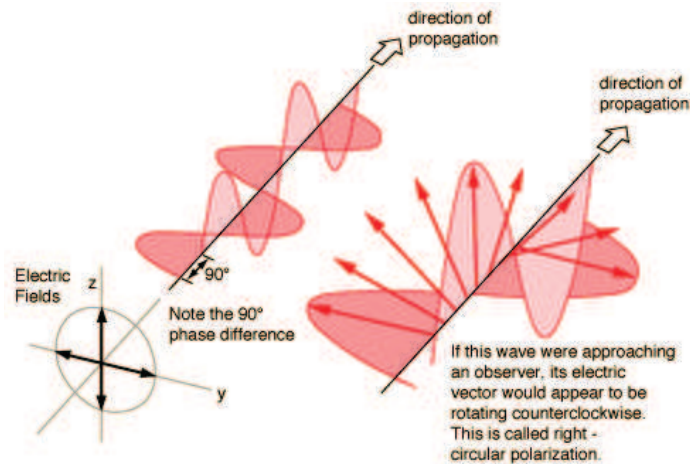


Figura 2.7 Polarización Circular

Fuente: (Olmo & Nave, Gráfica Polarización Circular, 2005)

Polarización Elíptica

La luz polarizada elípticamente consiste de dos ondas perpendiculares de amplitudes desiguales y con una diferencia de fase de 90° como si el dedo pulgar de la mano derecha estuviera apuntando en la dirección de propagación de la luz, el vector del campo eléctrico, estaría girando en la dirección que señala el resto de los dedos, se muestra una luz polarizada elípticamente a la derecha como se ve en la figura 2.8. (Olmo & Nave, Polarización Elíptica, 2005)

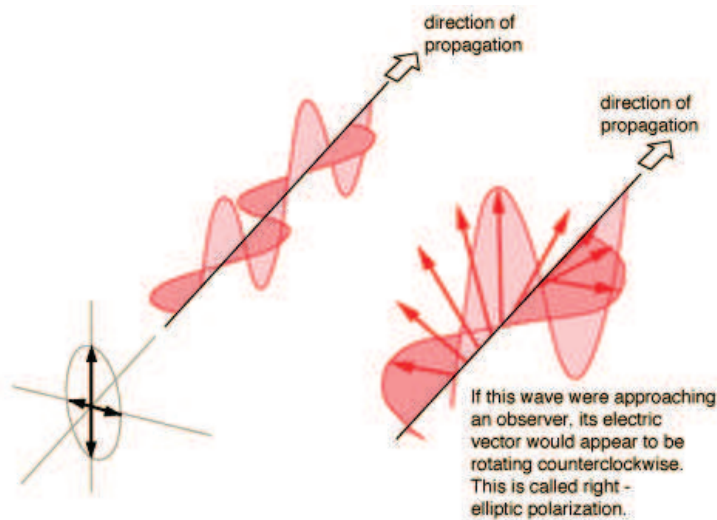


Figura 2.8 Polarización Elíptica

Fuente: (Olmo & Nave, Gráfica Polarización Elíptica, 2000)

2.3 Espectro electromagnético

Las cargas eléctricas estacionarias producen campos eléctricos, estos en movimiento generan campos magnéticos y eléctricos. Los cambios cíclicos producen radiación electromagnética que consiste en una perpendicular de un campo eléctrico y magnético, dicha radiación transporta energía de un punto a otro y se mueve a la velocidad de la luz siendo la luz un tipo de radiación electromagnética como se puede ver en la figura 2.9. (Carvajal, 2002)

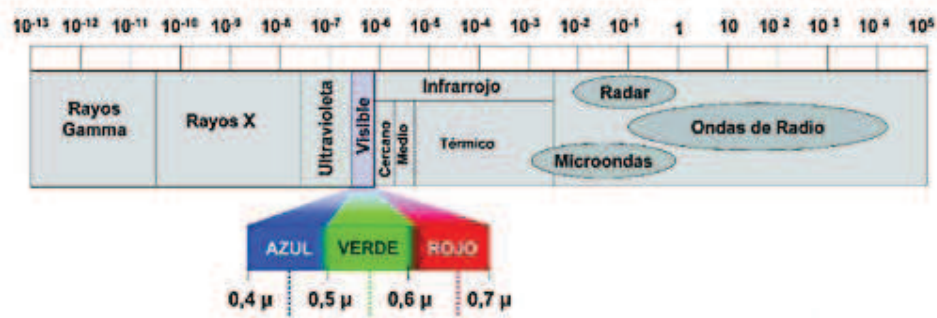


Figura 2.9 Espectro Electromagnético

Fuente: (Fernández, 2011)

Estas ondas se componen de crestas y valles, convencionalmente las primeras hacia arriba y las segundas hacia abajo; la distancia entre dos crestas o valles se denomina longitud de onda (λ), la frecuencia está determinada por las veces que ella corta la línea de base en la unidad de

Las ondas de radiación electromagnética se componen de crestas y valles, convencionalmente las primeras hacia arriba y las segundas hacia abajo. La distancia entre dos crestas o valles se denomina longitud de onda (λ). La frecuencia de la onda está determinada por las veces que ella corta la línea de base en la unidad de tiempo casi siempre medida en segundos, esta frecuencia es tan importante que las propiedades de la radiación dependen de ella y está dada en Hertz. La amplitud de onda está definida tiempo casi siempre medida en segundos esta es tan importante que las propiedades de la radiación dependen de ella y está dada en Hertz. La amplitud de onda está definida por la distancia que separa el pico de la cresta o valle de la línea de base, la energía que transporta

la onda es proporcional al cuadrado de la amplitud. La unidad de medida para expresar semejantes distancias tan pequeñas es el nanómetro. (Carvajal, El Espectro Electromagnético, 2002)

Si las ondas electromagnéticas se establecen de acuerdo a sus longitudes obtenemos el espectro electromagnético en donde las ondas más largas (longitudes desde metros a kilómetros) se encuentran en un extremo (Radio) y las más cortas en el otro (longitudes de onda de una billonésima de metros) (Gamma).

2.4 Ancho de banda

Se denomina al conjunto de información o datos que puede enviar a través de una conexión de red en un período dado. Este generalmente en bits por segundo (Bps), kilobits por segundo (Kbps), o megabits por segundo (Mbps). Para señales analógicas, el ancho de banda es la longitud, medida en Hz, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal. Puede ser calculado a partir de una señal temporal mediante el análisis de Fourier, también son llamadas frecuencias efectivas las pertenecientes a este rango. (Ancho de Banda, 1999)

2.5 Frecuencias y canales

Cuando se definió el estándar IEEE 802.11, se especificó también los tres rangos de frecuencia disponibles para los dispositivos que desearan emitir de esta forma: 2.4 GHz, 3.6 GHz y 5 GHz. La mayoría de dispositivos actuales operan, en la franja de frecuencias cercana a 2.4 GHz. Cada rango de frecuencias fue subdividido, a su vez, en multitud de canales. Los equipos Wi-fi en la banda de 2.4, se definieron 11 canales utilizables, sin embargo, los 11 canales no son completamente independientes. El ancho de banda de la señal 22 MHz es superior a la separación entre canales consecutivos 5 MHz, por eso se hace necesaria una separación de al menos 5 canales con el fin de evitar interferencias entre celdas adyacentes. En cada país y zona geográfica aplica sus propias restricciones al número de canales disponibles. Por ejemplo, en Norteamérica tan sólo se utilizan los 11 primeros, mientras que en Europa disponen de 13.

2.6 Línea visual

Es la capacidad de ver un elemento desde un punto o ubicación sin que ningún o muy pocos elementos obstruyan la visión, es una de las condiciones más importantes para crear enlaces inalámbricos confiables dentro de sus WISP o enlaces Backhaul inalámbricos. El objetivo de diseñar redes WISP es reducir la cantidad de atenuación mediante la implementación de enlaces con líneas de vistas claros. Hay tres categorías principales de la línea de la vista:

- 1) **Línea de vista (LOS - Line of Sight)**, en un canal de radio de un sistema de comunicaciones inalámbrico es descrito como la señal que viaja a través de un camino directo y sin obstrucciones desde el transmisor hasta el receptor. (Freddy & Timbi, 2006) Un enlace LOS requiere que la mayor parte de la primera zona de Fresnel esté libre de obstrucciones, como se ve en la figura 2.10. Si no se cumple este requerimiento existirá una reducción significativa de la intensidad de señal. La zona de despeje de Fresnel requerida depende de la frecuencia de operación y de la distancia entre transmisor y localidades receptoras.

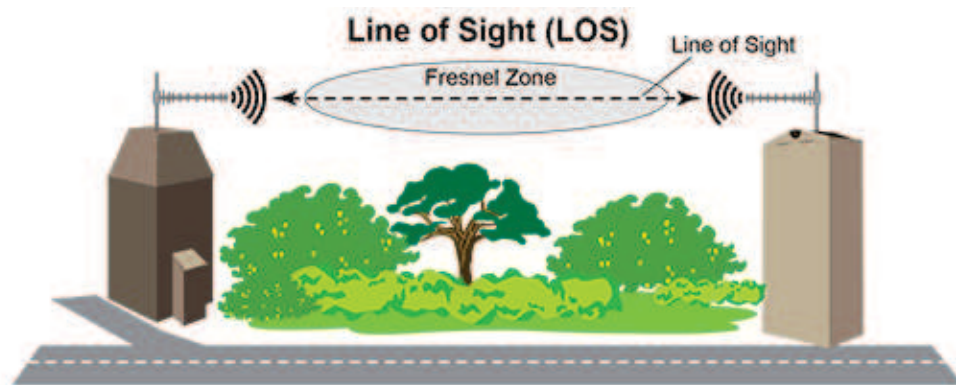


Figura 2.10 Línea de Vista

Fuente: (Netkrom Group, 2005)

- 2) **Cercano a la línea de vista (nLOS - Near Line of Sight)**, las tecnologías de radiofrecuencia utilizan el término nLOS para describir un trayecto parcialmente obstruido entre la ubicación del transmisor de la señal y la ubicación del receptor de la señal. Los obstáculos que pueden obstaculizar la línea de vista incluyen árboles,

edificios, montañas y otras estructuras u objetos construidos por el hombre u obra de la naturaleza como se ve en la figura 2.11.

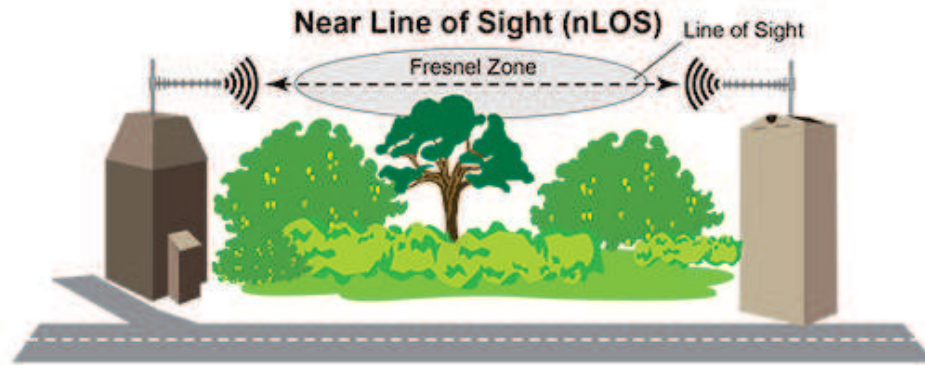


Figura 2.11 Cercano a la Línea de Vista

Fuente: (Netkrom Group, 2005)

- 3) **Sin línea de vista (NLOS - Non Line of Sight)**, las obstrucciones son completas entre las dos antenas, por lo cual la señal puede ser reflejada, refractada, absorbida difractada, o dispersos como se ve en la figura 2.12. Estos crean múltiples señales que llegan a un receptor en momentos diferentes, de diferentes rutas, y con diferente fuerza. En consecuencia, los sistemas inalámbricos desarrollados para el entorno NLOS tienen que incorporar un número de técnicas para superar este problema y que hacen que los sistemas más complejos que los de LOS.

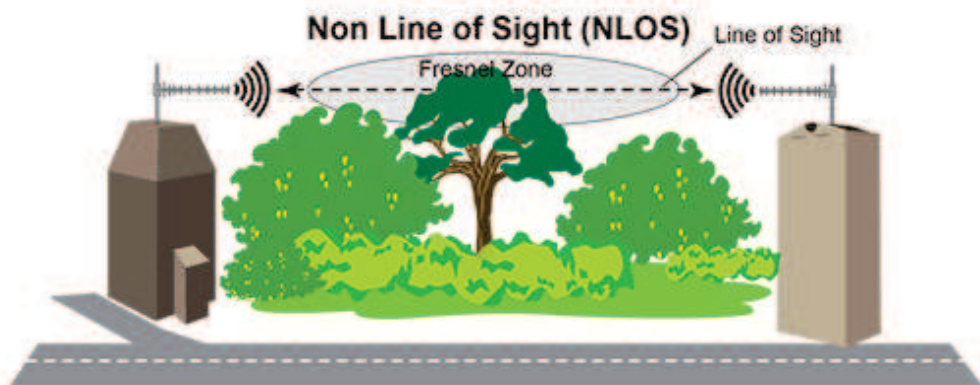


Figura 2.12 Línea de Vista

Fuente: (Netkrom Group, 2005)

Zona de Fresnel

Se denomina zona o elipsoide de Fresnel a la propagación de la radiación, por donde viaja la mayor parte de la energía entre transmisor y el receptor. (Zelaya, 2010).

Las ondas de radio reflejados por los objetos pueden llegar fuera de fase con la señal que viajó directamente a la antena de recepción reduciendo, así la potencia de la señal recibida, como se puede ver en la figura 2.13. Esta zona se extiende por encima y por debajo de la línea recta entre el emisor y el receptor, y para que se considere útil debe de mantener alrededor del 60% de esa zona totalmente libre de obstáculos.

La constante de Fresnel establece lo siguiente:

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

* r = radio (M)

* D = distancia total del enlace (Km)

* f = frecuencia del enlace (Ghz)

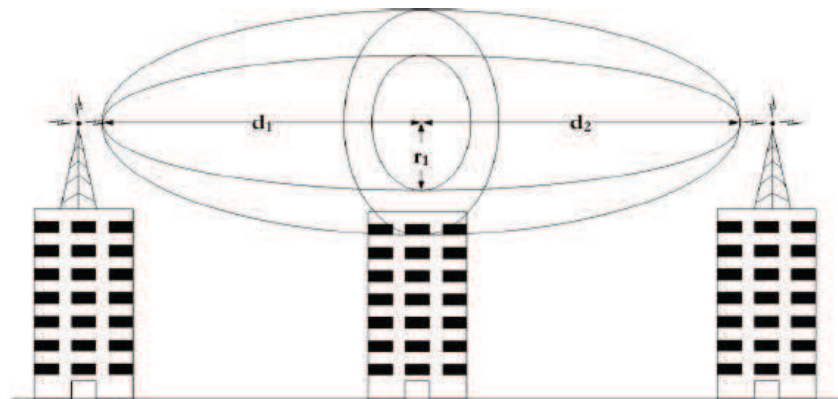


Figura 2.13 Zona de Fresnel

Fuente: (externo, 2008)

2.7 Wireless local loop (WLL)

El bucle local inalámbrico (WLL, Wireless Local Loop), es un conjunto de tecnologías diseñadas para brindar acceso a la red telefónica fija inalámbrica, parecida a la de los

celulares, pero que sólo operan desde el hogar, que permiten navegar por Internet a una velocidad casi tres veces superior a la red local.

La diferencia que existe entre una red planificada para dar servicio móvil celular y otra que deba dar servicio fijo es que en el primer caso es necesario prever cobertura en todos lados donde podrá trasladarse el usuario, implementado también el “handover” entre celdas. En cambio en una red que sólo dará servicio fijo, aunque se trate del mismo estándar, por ejemplo GSM o CDMA o algún estándar propietario, sólo hay que proveer cobertura en las áreas pobladas pudiendo hacer un uso total de la capacidad. Es decir que no habrá que dejar canales adicionales para hacer el “handover”. (Valle, 2003)

La red WLL se accede de forma inalámbrica a un abonado de telefonía fija. El teléfono está conectado a los equipos de radio de abonado, que intercambia información con una estación de radio. La estación convierte las señales de radio en señales comprensibles por la oficina central y desde allí la llamada sigue su curso normal dentro de la red telefónica pública conmutada como se ve en la figura 2.14.

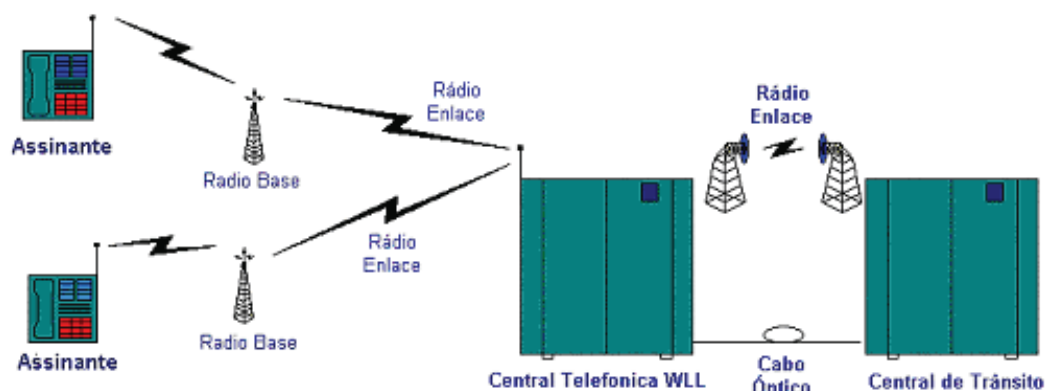


Figura 2.14 Wireless Local Loop

Fuente: (Santos, 2005)

El servicio más básico ofrecido por WLL del sistema es brindar un servicio estándar de tono conocido como servicio telefónico ordinario denominado POTS. Además de los servicios básicos, los sistemas WLL se caracterizan por ofrecer características avanzadas tales como datos de alta velocidad, servicio inalámbrico al área residencial y en algunos casos, los servicios de vídeo. Para agregar valor a los sistemas WLL, los proveedores de servicios WLL integran y empaquetan el servicio telefónico estándar con otros servicios

como la localización celular, Internet de alta velocidad, o servicio de cable. Los tipos de datos disponibles para los sistemas WLL varían de 9.6 kbps a más de varios cientos de kbps. Los sistemas WLL se pueden proporcionar en celular y PC's, radio móvil privada, inalámbrico sin licencia, y sus sistemas propios de banda ancha que operan en el rango de 3.4 GHz.

2.7.1 Arquitectura de WLL

WLL apunta a las aplicaciones fijas, como ser el bucle de acceso local. El servicio puede ser continuo o discontinuo, y puede soportar una o múltiples células adyacentes. Las células pueden ser enlazadas por medio de líneas troncales inalámbricas o fibra óptica. La arquitectura de un sistema diseñado específicamente para WLL tiene cuatro partes:

- Centro de operación de red (NOC, Network Operations Center)
- Backbone
- Estación Base (BS, Base Station)
- Equipo del usuario (CPE, Customer Premises Equipment)

2.7.1.1 Network operations center (Centro de operaciones de red)

NOC es un lugar desde el cual los administradores se encargan de supervisar y configurar los componentes del sistema y su topología, administrar y reportar el estado de las alarmas y mediciones. Utiliza los requisitos administrativos de SNMP para proveerse de: interfaz gráfica simplificada, administración de trayectorias y configuración superior, enrutamiento y restauración de aplicaciones, y excelente escalabilidad y flexibilidad. La plataforma está diseñada para manejar todas las operaciones de provisión, administración y mantenimiento de los componentes del sistema inalámbrico y fibra, incluyendo el backbone y la conmutación en cada estación base. Los protocolos de transporte, administración de células y administración del ancho de banda de radio pueden ser soportados por el NOC. También está integrado con el planeamiento de células para garantizar una administración comprensible y eficiente del espectro inalámbrico y asegurar que la información geográfica de LOS (Line Of Sight) esté fácilmente disponible

para los operadores. También puede monitorear los niveles de la calidad del servicio de los usuarios, así también como la de los nuevos servicios basados en los requisitos de los usuarios. (Carranza, López, & Vicentel, 2007)

2.7.1.2 Backbone

El backbone es usado para conmutar el tráfico entre las células y para conectar las estaciones base por medio de troncales de fibra óptica o backhaul inalámbrico.

Una configuración es punto a punto basado en una estrella, cuando un Concentrador central (Hub), es responsable de modular y demodular el volumen de tráfico agregado en una situación central y distribuirlo seguidamente como una señal analógica sobre un enlace de fibra a las estaciones base. Aunque este método es atractivo cuando el número de estaciones bases es pequeño, el costo del despliegue es significativo cuando el número de estaciones bases geográficamente dispersas que necesitan ser conectadas al Hub central es grande, y la confiabilidad de la red no es tan alta como en la siguiente alternativa.

Otra alternativa es una configuración híbrida, que involucra anillos y conexiones de radio punto a punto, integrando la alta fiabilidad de la infraestructura de los anillos y la flexibilidad, portabilidad y el crecimiento modular de las conexiones de radio punto a punto. (Carranza, López, & Vicentel, 2007)

2.7.1.3 Estación base

En la estación base ocurre la conversación desde el backbone hacia la infraestructura inalámbrica. El equipo de la estación base incluye la interfaz de red para la terminación del backbone, funciones de modulación y demodulación; y el equipo de transmisión y recepción generalmente ubicado encima de la terraza o en una torre. Las estaciones bases en un sistema WLL se despliegan para proveer la cobertura geográfica necesaria. Cada estación base se conecta a la red, bien por cable o por microondas. De esta manera, un sistema WLL se asemeja a un sistema celular móvil: cada estación base utiliza una célula o varios sectores de cobertura, manteniendo a los suscriptores dentro del área de cobertura

y proporcionando conexión de retorno a la red principal. El área de cobertura es determinada por la potencia del transmisor, las frecuencias en las cuales la estación base y las radios terminales del suscriptor funcionan, las características locales asociadas de la propagación en función de la geografía local y del terreno, y los modelos de radiación de las antenas de la terminal de la estación base y del suscriptor. El número de estaciones bases depende de anticipar el tráfico para el cual se va a utilizar, la capacidad de sistema, la disponibilidad del sitio, el rango de cobertura que se va a proporcionar y las características de propagación local, además del ancho de banda a ser usado por la red WLL. En general, cuanto mayor es el ancho de banda disponible, mayor es la capacidad para desplegar la red. (Carranza, López, & Vicentel, 2007)

2.7.1.4 Equipos de usuario (CPE)

El equipo de usuario puede servir a una gran variedad de usuarios, desde pequeñas empresas hasta SOHO (Small Office, Home Office), unidades residenciales y unidades de múltiples viviendas (MDU, Multiple Dwelling Unit). El equipo puede proveer una combinación de servicios incluyendo dato, voz, video y un host de aplicaciones multimedia interactivos. Ubicado en el domicilio del usuario, el CPE (Customer - Premises Equipment) consiste de un módulo escalable, integrado por una unidad de RF y una unidad de interfaz de red (NIU, Network Interface Units, Unidad de Interfaz de Red). (Carranza, López, & Vicentel, 2007)

2.8 WIFI

Es una tecnología de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizada hoy en día. WIFI, también llamada WLAN (wireless lan, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11. WIFI no es una abreviatura de Wireless Fidelity, simplemente es un nombre comercial. Fue creado por 11 personas miembros del comité del IEEE y entre los más comunes están el 802.11b, que emite a 11 Mbps y el 802.11g que es más rápida a 54 Mbps.

Algunas redes inalámbricas trabajan con el protocolo 802.11b, el cual es vulnerable a ataques y funciona con un protocolo llamado WEP el cual era fácil de obtener acceso debido a que su algoritmo de encriptación está basado en RC4, éstos son estáticos, no cambiaban con el tiempo y en conjunto con que algunos AP no incluían algún tipo de seguridad y era muy fácil obtener la clave de una red inalámbrica. Para cubrir este tipo de vulnerabilidades se ha estado desarrollando WPA2, 802.11i, que mejora los aspectos de seguridad, además de lograr una mayor integración de servicios, esto siempre con un estándar que resulte de buena calidad y que sea competitivo y efectivo.

2.9 Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)

Es un protocolo de redundancia de Gateway. Establecido por el **RFC**

3768. Diseñado para aumentar la disponibilidad de la puerta de enlace por defecto dando servicio a máquinas en la misma subred. El aumento de fiabilidad se consigue mediante la creación de los routers virtuales, un maestro y un router de reserva o backup, actuando como un grupo lógico de routers virtuales que comparten una sola puerta de enlace.

El envío de mensajes internos entre routers se hace por medio de paquetes multicast IPv4 e IPv6, ya que está diseñado para LANs multiacceso y multicast/broadcast como ethernet, así la dirección de origen del paquete enviado es siempre la dirección IP de la interfaz de envío. Además en aplicaciones de balanceo de carga ya que permite que un router actúe como un maestro para una subred IP y como router de reserva o backup para otra subred que tiene su propio router maestro. Dos routers configurados de esta manera pueden compartir carga, ya que cada router actúa como una reserva redundante del otro. (Yerovi & Flores, 2010)

VRRP incluye ruteo dinámico como el Protocolo de Información de Ruteo RIP u OSPF versión 2. Proporciona una función similar al protocolo propietario de Cisco Systems Inc., llamado Protocolo de Ruteo de Espera en Caliente (HSRP) y al protocolo propietario de Digital Equipment Corporation Inc., llamado Protocolo IP en Espera (IPSTB).

Como se muestra en la figura 2.14, las interfaces de los routers R1 y R2 que conectan con la LAN son eth0 en ambos casos, cada una de ellas ha de configurarse con una IP de la red privada 192.0.2.0/24 y finalmente agregar cada una de ellas al mismo grupo VRRP, dicho grupo VRRP ha de configurarse con una IP y dicha IP será la IP virtual del grupo y la que actuara en la LAN como puerta de enlace determinada o router. Con esto se consigue un enlace redundante para una única IP y en el supuesto caso de que caiga alguno de los routers físico o virtual, el otro se hará cargo de actuar como router de la LAN sin que se aprecien cortes o caídas de servicio de red en la LAN.

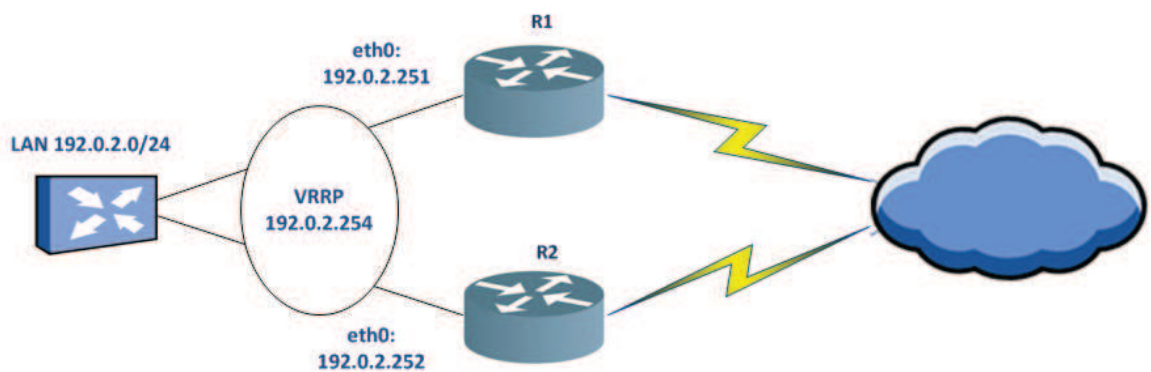


Figura 2.15 VRRP

Fuente: (Vyatta, s.f.)

CAPÍTULO III

ESTÁNDARES IEEE 802.11 – WIFI

Debido al constante crecimiento de las WLAN en el mundo, el IEEE formó un grupo de trabajo IEEE 802.11 para definir los protocolos denominados sobre el aire necesarios para soportar las redes inalámbricas en una área local, para la capa física (PHY, Physical Layer) y para la subcapa MAC (Control de acceso al medio).

En junio de 1997 el IEEE aprobó el primer estándar para aplicaciones WLAN, la cual especifica dos velocidades de transmisión teóricas de 1 y 2 Mbps que se transmiten por señales de RF (Radiofrecuencia) e IR (Infrarrojas) y funciona sobre la banda ISM (Industria Científica y Médica) de 2.4 GHz para uso en las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado. Desde entonces varios organismos internacionales han desarrollado una amplia actividad en la estandarización de normativa de WLAN. En USA el desarrollo está a cargo del organismo IEEE con los estándares 802.11 y sus variantes, en Europa el organismo relacionado es el ETSI con sus actividades en Hiperlan-BRAN. A continuación se describen los estándares de interés en el estudio del trabajo.

3.1 Capa MAC de 802.11

La capa de acceso al medio, controla aspectos de movilidad en las WLAN 802.11, proporcionando un servicio de datos fiable a los protocolos de capas superiores y al mismo tiempo permitir un acceso equitativo al medio inalámbrico compartido. Para la descripción de esta capa consideraremos un servicio básico compuesto por un punto de acceso y diferentes estaciones asociadas al mismo.

3.2 802.11a - Transmisión de datos en la banda de 5GHz a alta velocidad

El estándar 802.11a también conocido como WiFi5, en 1999, el IEEE aprobó ambos estándares: el 802.11a y el 802.11b. En 2001 se lanzaron al mercado los productos del estándar 802.11a.

La revisión 802.11a al estándar original fue ratificada en 1999, utilizando la frecuencia de los 5 GHz, con 52 subportadoras de baja velocidad que se transmiten en paralelo, utilizando la técnica de modulación de radio OFDM y a una velocidad máxima de 54Mbps, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbps. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbps según el caso.

802.11a tiene 12 canales sin solapa, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede interoperar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares. Dado que la banda de 2.4 GHz tiene gran uso, puesto que es la misma banda usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, entre otros aparatos, el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias. Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso; esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

Las distancias de cobertura del estándar 802.11a, se ven reducidas significativamente, alcanzando entre 30 m (54 Mbps) y 300 m (6 Mbps) en exteriores, y entre 12 m (54 Mbps) y 90 m (6 Mbps) cuando se utiliza en interiores.

3.3 802.11b - Transmisión de datos en la banda de 2.4GHz

La revisión 802.11b del estándar original fue ratificada en 1999 y funciona en la banda de 2.4 GHz. Fue la primera revisión que tuvo una amplia aceptación en el mercado.

El estándar 802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps y utiliza el mismo método de acceso CSMA/CA definido en el estándar original. Funciona en la banda de 2.4 a 2.497 GHz del espectro radioeléctrico. Debido al espacio ocupado por la

codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbps sobre TCP y 7.1 Mbps sobre UDP.

El método de modulación seleccionado para el 802.11b se conoce como espectro de difusión de secuencia directa complementaria DSSS y utiliza la llave de código complementario CCK.

El rango típico en interiores es de 32 metros a 11 Mbps y 90 metros a 1 Mbps. Con antenas de alta ganancia externas el protocolo puede ser utilizado en arreglos fijos punto a punto típicamente rangos superiores a 8 Km incluso en algunos casos de 80 a 120 km siempre que haya línea de visión. Esto se hace usualmente para reemplazar el costoso equipo de líneas o el uso de quipos de comunicaciones de microondas.

Dado que las tasas bajas de transferencia de información usan algoritmos menos complejos y más redundantes para proteger los datos son menos susceptibles a la atenuación o interferencia de la señal. Se han hecho extensiones del protocolo 802.11b para incrementar su velocidad a 22, 33, 44 Mbps pero estas no han sido ratificadas por la IEEE.

3.4 802.11e - QoS - Calidad de servicio

Este estándar implementa la característica de calidad de servicio (QoS). Capacidad para garantizar la transmisión coherente de los datos, esto es necesario cuando se envía video o se realiza llamadas de teléfono IP. Esta especificación, es aplicable tanto a 802.11b como a 802.11a.

Su objetivo es proporcionar soporte de QoS para aplicaciones de redes LAN. Se aplicará a los estándares físicos a, b y g de 802.11. La finalidad es proporcionar claves de servicio con niveles gestionados de QoS para aplicaciones de datos, voz y video.

Con el estándar 802.11e, la tecnología IEEE 802.11 soporta tráfico en tiempo real en todo tipo de entornos y situaciones. Las aplicaciones en tiempo real son ahora una realidad por las garantías de QoS proporcionado por el 802.11e.

El estándar 802.11e fue aprobado el 22 de septiembre del 2005, define los procedimientos de Control de acceso al medio (MAC), para soportar aplicaciones de una LAN con QoS. Los procedimientos incluyen el transporte de voz, audio y video sobre WLANs IEEE 802.11. La cual se aplica a los estándares a, b y g de 802.11.

Para cumplir con su objetivo IEEE 802.11e introduce un nuevo elemento llamado HCF, con dos tipos de acceso:

- (EDCA) Enhanced Distributed Channel Access, equivalente a DCF.
- (HCCA) HCF Controlled Access, equivalente a PCF.

Para conseguir la diferenciación del tráfico se definen diferentes tiempos de acceso al medio y diferentes tamaños de la ventana de contención para cada una de las categorías.

3.5 802.11g - Transmisión de datos adicional banda 2.4 GHz

Basado en el estándar 802.11b, se ratificó en junio del 2003 un tercer estándar de modulación: 802.11g. Este utiliza la banda de 2.4 GHz (al igual que el estándar 802.11b), es capaz de utilizar dos métodos de modulación (DSSS y OFDM), pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps, que en promedio es de 24.7 Mbps de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar 802.11b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares. Sin embargo, en redes bajo el estándar 802.11g la presencia de nodos bajo el estándar 802.11b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

La interoperabilidad existe entre todas las velocidades, por lo que no es necesario actualizar la WLAN al moverse a velocidades más altas. Este estándar provee una cobertura de 20 metros a 100 metros en interiores y de 100 metros a 300 metros en exteriores, la cual se puede ampliar con el uso de antenas omnidireccionales.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar 802.11b.

3.6 802.11h - Espectro y potencia en Ecuador - Banda 5 GHz

El estándar 802.11h se hizo pública en octubre de 2003 y soluciona problemas derivados de la coexistencia de las redes 802.11a con sistemas de radares y satélite. Garantiza que solo se transmitirá en las frecuencias que no están siendo utilizadas por otros transmisores y un control automático de potencia para minimizar los efectos de posibles interferencias.

Este estándar provee mecanismos para la Selección dinámica de frecuencia DFS y Control de potencia de transmisión TPC que originalmente era para satisfacer los reglamentos regulatorios europeos en la banda de 5 GHz, pero en la actualidad es aplicada a nivel mundial.

La IEEE define los mecanismos DFS y TPC que deben ser implantados en los dispositivos WLAN 802.11a. DFS permite que un AP detecte interferencia en un canal y seleccione automáticamente un canal libre. Por otra parte, TPC garantiza que la potencia de la señal no interfiera con las transmisiones de otros dispositivos.

3.7 802.11i - Mejoras en seguridad WIFI (WPA/WPA2)

El estándar IEEE 802.11i, fue aprobada en el 2004 y está diseñado para proporcionar comunicación segura de LAN inalámbrica como se define en todas las especificaciones IEEE 802.11. IEEE 802.11i mejora la (Privacidad Equivalente Wireline) WEP, unas tecnologías que se utilizan desde hace muchos años por la seguridad WLAN, en las áreas de encriptación, autenticación y gestión de claves. IEEE 802.11i se basa en el acceso protegido Wi-Fi (WPA), que es una solución rápida de las debilidades WEB.

El estándar 802.11i tiene los siguientes componentes:

- 1) El Protocolo de integridad de clave temporal (TKIP):** Protocolo de confidencialidad de datos, diseñado para mejorar la seguridad de los productos que implementaron WEP. TKIP utiliza un código de integridad de mensaje llamado Michael, que permite a los dispositivos para autenticar los paquetes que vienen de la

fuerza reivindicada. También TKIP utiliza una función de mezcla para derrotar los ataques de clave débil, lo que permitió a los atacantes tráfico descifrar.

- 2) **Counter-Mode/CBC-MAC Protocol (CCMP):** Protocolo de confidencialidad de datos que maneja la autenticación de paquetes, así como el cifrado. Por confidencialidad, CCMP utiliza AES en modo contador. Para la autenticación e integridad, CCMP utiliza Cipher Block encadenamiento Mensaje Código de Autenticación (CBC-MAC). A IEEE 802.11i, CCMP utiliza una clave de 128-bit. CCMP protege algunos campos que no estén encriptados. Las partes adicionales de la IEEE 802.11 marco que obtener protección son conocidos como datos de autenticación adicionales (AAD). AAD incluye la fuente de paquetes y de destino y protege contra atacantes repiten paquetes a diferentes destinos.
- 3) **IEEE 802.1X:** Ofrece un marco eficaz para la autenticación y el control de tráfico de usuarios a una red protegida, así como la variación dinámica claves de cifrado. 802.1X lazos un protocolo denominado EAP (Extensible Authentication Protocol) tanto a los medios de comunicación alámbricos e inalámbricos LAN y admite varios métodos de autenticación.
- 4) **Encapsulación EAP sobre LAN (EAPOL):** Protocolo clave en IEEE 802.1x para el intercambio de claves. Dos principales EAPOL-clave intercambios se define en el estándar IEEE 802.11i. La primera se conoce como el 4 - Way Handshake y el segundo es el protocolo de enlace clave de grupo.

Debido IEEE 802.11i tiene más de un protocolo de confidencialidad de datos, IEEE 802.11i proporciona un algoritmo para la tarjeta de cliente IEEE 802.11i y punto de acceso para negociar qué protocolo utilizar durante circunstancias de tráfico específicos y para descubrir los parámetros de seguridad desconocidas. (Javvin Company, s.f.)

3.8 802.11k - Mediciones y gestión de radiofrecuencias en WIFI

El estándar IEEE 802.11 para redes locales inalámbricas (WLAN) asegura la

interoperabilidad entre conmutadores y puntos de acceso de distintos fabricantes pero no permite a los sistemas WLAN valorar los recursos de radio frecuencia de un cliente, lo que limita la capacidad de un administrador para gestionar eficientemente sus redes. Y esto es justo lo que trata de resolver 802.11k, propuesta de estándar que definirá una serie de informes y peticiones de métricas que detallan las estadísticas del cliente. En la mayoría de los casos, son los puntos de acceso o los conmutadores WLAN los que solicitan a los clientes los datos pertinentes, pero también es posible lo contrario, es decir, que sean los propios clientes quienes pidan dicha información a los sistemas de la red wireless.

Como 802.11k está diseñado para ser implementado en software, para soportarlo el equipamiento WLAN sólo requiere ser actualizado. Y para que el estándar sea efectivo, han de ser compatibles tanto los clientes como la infraestructura.

3.9 802.11n - Transmisión de datos - Altas velocidades (MIMO)

La norma 802.11n fue publicada con el objeto de dar mayor velocidad que las existentes hasta el momento, pasando de 54 Mbps a unos teóricos 600 Mbps.

Se obliga a tener dispersión utilizando tecnología MIMO, lo cual, junto con el resto de características de esta norma, permite un mayor alcance que las normas anteriores. No resulta posible calcular dicho alcance de forma general, pues depende fuertemente de la configuración de las radios y antenas de los equipos, y existen diseños muy diversos.

La norma 802.11n ofrece la posibilidad de funcionar en ambas bandas, tanto en 2.4 GHz como en 5 GHz. Una de las grandes ventajas de la norma es la compatibilidad con las normas anteriores lo cual posibilita la integración de sistemas nuevos en redes ya existentes y una migración sencilla y económica.

Actualmente hay una gran oferta de sistemas con posibilidades de conexión Wi-Fi 802.11n en 2.4 GHz, pero pocos que soporten la banda de 5 GHz o proporcione conexión dual. El menor coste y la compatibilidad con los sistemas Wi-Fi anteriores que funcionan en la banda de 2.4 GHz causo esta tendencia del mercado. Para conseguir esta mayor velocidad, los equipos 802.11n siguen dos estrategias: un mayor ancho de banda del canal y uso de la tecnología MIMO con división por multiplexación espacial.

El ancho de banda que ocupa un canal en 802.11n pasa de los 20 MHz que ocupaban los sistemas anteriores, a 40 MHz. Esto no es un problema en 5GHz, donde los canales no se solapaban, pero en 2,4 GHz, un canal de 40 MHz ocupa el 82% de la banda disponible. Esto implica que no podrán coexistir dos canales 802.11n sin solapamiento en 2.4 GHz y que este solapamiento abarcará además la mayoría del canal. Incluso con sistemas Wi-Fi de otras normas o equipos no Wi-Fi que emitan en esta frecuencia como Bluetooth, teléfonos inalámbricos, etc. El espectro libre será mínimo, quedando casi asegurada la interferencia con el resto de sistemas.

La otra estrategia que sigue la norma 802.11n para conseguir mayor velocidad es el uso de tecnología MIMO con dispersión por separación espacial SDM. Los equipos 802.11n disponen siempre de varias antenas para transmitir y otras tantas para recibir. Los sistemas son capaces de emitir un flujo de datos diferente por cada antena, permitiendo así una mayor velocidad de global transmisión.

El número de flujos de datos simultáneos que se pueden emitir está limitado por el número de antenas disponibles en ambos lados, así pues si el equipo transmisor dispone de tres antenas emisoras pero el destino solo de dos receptoras, la comunicación solo podrá efectuarse con dos flujos de datos independientes.

Con el objeto de incrementar la velocidad de transmisión, los sistemas 802.11n incluyen un concepto nuevo, no existente en las anteriores normas: la supertrama. Los equipos 802.11n no transmiten la información tal cual se les requiere, si no que la encapsulan en una trama mayor con el fin de optimizar la utilización de la radio. Esta característica, aun siendo teóricamente deseable, presenta diversos problemas en los equipos, pues han de almacenar la información que les llega para ser transmitida hasta que conforman la supertrama. Así mismo han de encajar los paquetes de información de manera eficiente en la supertrama y en la recepción, deben desempaquetarla. Esto supone una mayor demanda de los equipos 802.11n y una mayor potencia de proceso de la necesaria en generaciones anteriores, y es, así mismo, fuente de problemas en algunas implementaciones, no siendo extraño observar grandes diferencias en la velocidad de

transmisión dependiendo del tipo de información transmitida, sobre todo para ciertos tamaños de paquetes o mezcla de tamaños, debido al proceso de empaquetado y desempaquetado y los algoritmos de optimización de este proceso.

3.10 802.11s - Redes Mesh

En la actualidad, 802.11 redes mayoría funcionan en el modo de infraestructura. Una central dispositivo, llamado Punto de Acceso (AP) gestiona la red WLAN y funciona como un portal o gateway a la no redes 802.11.

Las estaciones que se asocian con la AP confiar en ella para la conexión a Internet. Sin embargo, con la creciente demanda de alta velocidad, intervalo se convierte en un factor limitante. APs necesitan estar densamente desplegado para permitir una cobertura suficiente. Por lo tanto, exige más barato, menos infraestructura, despliegues de aumentar. Sin hilos Redes Mesh (WMN) proporcionan la solución.

Con 802.11s una extensión para redes Mesh es bajo desarrollo. En su forma actual, 802.11s añade la necesaria funciones para la selección de la ruta, el redireccionamiento de marco más múltiples saltos inalámbricos, un marco de seguridad descentralizada y conceptos de ahorro de energía. Aunque el acceso al medio 802.11 Control (MAC) no ha sido diseñado para redes inalámbricas multi-hop red, 802.11s se basa en él. Por lo tanto, muchos productos y propuesta eludir los problemas inherentes de rendimiento MAC con transceptores múltiples. Cada uno de ellos funciona de una diferente canal de frecuencia, proporcionando de este modo separado de enlaces inalámbricos

3.11 802.11u - Internetworking con otras redes

Conocido como el Grupo de Estudio WIEN (Wireless Internetworking con redes externas), 802.11u es el establecimiento de normas para la integración de 802.11 y externos de los sistemas inalámbricos como 3G celular. Está estudiando la identificación de acceso del router, el anonimato de dirección MAC, la escalabilidad, la aplicación de

políticas, control de acceso, calidad de servicio y la administración de facturación, además de los otros requisitos de interoperabilidad entre los sistemas de la red.

3.12 802.11v - Access Point, Gestión de Clientes (MIB)

El estándar 802.11v está desarrollando para simplificar la gestión de redes inalámbricas. Esta norma permitirá dotarse de un mayor control sobre los clientes wireless y equilibrar automáticamente las cargas de trabajo entre los distintos puntos de acceso. La norma define los procedimientos por los que una infraestructura inalámbrica puede controlar parámetros clave de los adaptadores clientes, como la identificación de a qué puntos de acceso y/o red han de conectarse.

802.11v permitirá controlar a los clientes, seleccionar y optimizar las redes a las que estos se conectan, así como monitorizar y recuperar estadísticas. El control de clientes wireless implica varios aspectos, como el balanceo de cargas, que distribuye los clientes entre los puntos de acceso en función de su volumen de tráfico. En la actualidad, esto se consigue evitando que los clientes se conecten a puntos de acceso sobrecargados o terminando las sesiones de cliente en los puntos de acceso existentes, acciones ambas que pueden interrumpir dichas sesiones. Por el contrario, 802.11v se encarga del balanceo de cargas de forma transparente para los usuarios, indicando a los clientes los puntos de acceso con recursos y ancho de banda disponibles.

En 802.11, cuando un dispositivo cliente se une a la red se identifica por el Service Set Identifier, pero no existe ningún mecanismo que le avise automáticamente de a qué red debería conectarse sin configurar manualmente el dispositivo con el SSID y las credenciales de seguridad. Sin embargo, 802.11v permite realizar configuraciones de cliente seguras desde la infraestructura, lo que reduce drásticamente el tiempo de despliegue en entornos a gran escala.

También se están considerando esquemas que harán posible ahorrar el consumo de batería en teléfonos VoIP y propuestas que minimizan el tráfico de gestión de red. En su conjunto,

el estándar potenciará la adopción de entornos inalámbricos corporativos, mejorando la gestión y el control de la red, y reduciendo los costes de despliegue y mantenimiento.

3.13 802.11w - Seguridad de paquetes de management

El grupo de trabajo IEEE 802.11w intenta extender la protección que aporta el estándar 802.11i más allá de los datos hasta las tramas de gestión, responsables de las principales operaciones de una red.

Tradicionalmente, como las tramas de gestión no contenían información sensible no necesitaban protección. Pero, en la actualidad, por las redes inalámbricas discurren datos altamente confidenciales relativos a cuestiones como itinerancia, recursos de radio, descubrimiento de dispositivos y gestión wireless que necesitan ser protegidos. Por ello, el IEEE comenzó a trabajar a principios de 2005 en la especificación 802.11w, que propone extender a todas estas nuevas funciones los esquemas de seguridad de 802.11i sin necesidad de realizar cambios en el hardware. Sólo será necesario modificar el firmware de los puntos de acceso y los dispositivos cliente.

El nuevo estándar proporcionará tres tipos de protección. La primera securizará las tramas de gestión unicast o tramas entre un punto de acceso y un cliente. Al informar de la topología de red y modificar el comportamiento del cliente, las tramas de gestión unicast sin protección se convierten en un atractivo objeto de ataque para descubrir la configuración de la red, localizar los dispositivos y organizar ataques de denegación de servicio (DoS). 802.11w aborda el problema llevando los actuales algoritmos de encriptación de datos a las tramas de gestión unicast, mediante el uso de Temporal Key Integrity Protocol o algoritmos basados en AES, a fin de protegerse contra falsificaciones y proporcionar confidencialidad.

El segundo método es la protección de las tramas de gestión en modo broadcast, menos comunes y normalmente utilizadas para ajustar las propiedades de la frecuencia de radio o para iniciar la medición. Como este tipo de información no es crítica, a este nivel 802.11w protege sólo contra falsificaciones, sin proporcionar confidencialidad. La

propuesta más simple se basa en incorporar a la trama de gestión un código de integridad del mensaje. Un punto de acceso comparte una clave con todos los clientes asociados de forma segura, y todos ellos pueden ver el mensaje; sin embargo, la clave impide que dispositivos ajenos a la red falsifiquen mensajes.

El tercer método consiste en la protección de las tramas de disociación y desautenticación. Utilizando un par de claves de uso único relacionadas, el cliente puede determinar si la desautenticación es válida. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que este esquema puede presentar problemas a los usuarios que utilicen sistemas de prevención de intrusiones.

En general, 802.11w promete remediar los problemas de seguridad creados por el nuevo flujo de información sensible que transportan las tramas de gestión en entornos inalámbricos. Protegiéndolas de intrusos y falsificaciones, 802.11w frenará la fuga de información y reducirá algunos ataques DoS básicos.

CAPÍTULO IV

REDES MESH

4.1 Introducción a las redes inalámbricas

Una de las tecnologías más prometedoras en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. (Ubiquiti networks, s.f.) La conexión de computadoras mediante ondas de radio actualmente está siendo ampliamente investigada. Las redes inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar. La realidad es que esta tecnología está todavía en desarrollo y se deben de resolver varios obstáculos técnicos y de regulación antes de que las redes inalámbricas sean utilizadas de una manera general en los sistemas de cómputo de la actualidad.

No se espera que las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas. Estas ofrecen velocidades de transmisión mayores que las logradas con la tecnología inalámbrica. Mientras que las redes inalámbricas actuales ofrecen velocidades de 2 Mbps, las redes cableadas ofrecen velocidades de 10 Mbps y se espera que alcancen velocidades de hasta 100 Mbps.

Sin embargo se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas, y de esta manera generar una red híbrida y poder resolver los últimos metros hacia la estación. Se puede considerar que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica le proporcione movilidad adicional al equipo y el operador se pueda desplazar con facilidad.

Existen categorías de Redes inalámbricas:

De larga distancia.- Son utilizadas para transmitir la información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad o hasta varios países circunvecinos, sus velocidades de transmisión son relativamente bajas, de 4.8 a 19.2 Kbps.

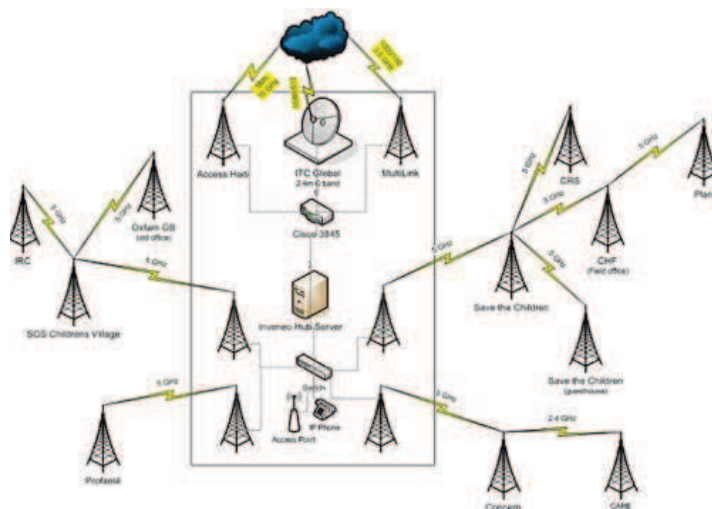


Figura 4.1 Larga distancia

Fuente: (Pellejero, 2010)

De corta distancia.- Estas son utilizadas principalmente en redes corporativas cuyas oficinas se encuentran en uno o varios edificios que no se encuentran muy retirados entre sí, con velocidades del orden de 280 Kbps hasta los 2 Mbps.

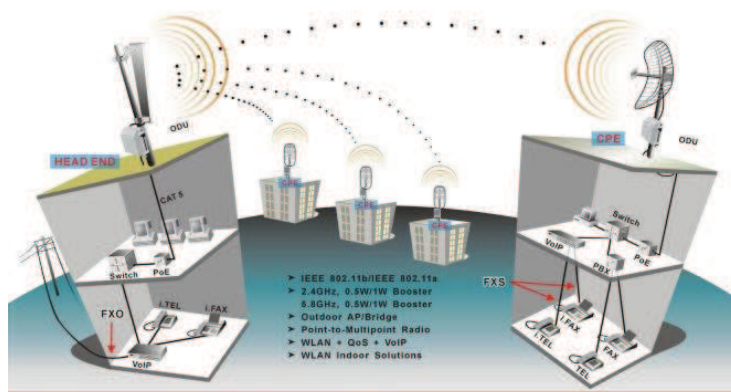


Figura 4.2 Distancia Corta

Fuente: (Wallace, 2012)

Ventajas de redes inalámbricas

Movilidad. La libertad de movimientos es uno de los beneficios más evidentes las redes inalámbricas. Una PC o cualquier otro pueden situarse en cualquier punto dentro del área de cobertura de la red sin tener que depender de otro dispositivo

Flexibilidad. Las redes inalámbricas no solo permite estar conectado mientras se desplaza una computadora portátil, sino que también permite colocar una computadora en cualquier lugar sin tener que hacer el más mínimo cambio de configuración de la red

Ahorro de costes. Diseñar o instalar una red cableada puede llegar a alcanzar un alto coste, no solamente económico, sino en tiempo y molestias. En entornos domésticos y empresariales donde no se dispone de una red cableada porque su instalación presenta problemas, la instalación de una red inalámbrica permite ahorrar costes al permitir compartir recursos: acceso a Internet, impresoras, etc.

Escalabilidad. En una red inalámbrica tiene la facilidad de expandir después de su instalación inicial. Conectar una nueva computadora cuando se dispone de una red inalámbrica es algo tan sencillo como instalarle una tarjeta.

4.1.1 Tipos de redes inalámbricas

- **Redes de área extensa inalámbricas (WWAN)**

Wan inalámbrico, que puede superar las sucursales de una empresa, cubren un área mucho más extensa que las wlan inalámbricas. Wwan facilitar la conectividad para los usuarios móviles, tales como los viajeros de negocios, wwan permiten a los usuarios mantener el acceso al trabajo relacionados con las aplicaciones y la información mientras esté fuera de su oficina.

En las WAN inalámbricas, la comunicación se produce predominantemente a través del uso de señales de radio a analógica, digital celular, o redes PCS, aunque la transmisión de señales a través de microondas y otras ondas electromagnéticas es también posible. Hoy en día, la comunicación de datos inalámbrica más tiene lugar a través de 2G sistemas celulares, tales como TDMA, CDMA, PDC y GSM. Aunque las redes tradicionales analógicos, que fueron diseñados a voz en lugar de la transferencia de datos, tienen algunos problemas inherentes, algunos 2G (segunda generación) y el nuevo 3G (tercera generación), redes celulares digitales totalmente

integrados para datos / transmisión de voz. Con la llegada de las redes 3G, velocidades de transferencia también debería aumentar en gran medida.

Conectividad WWAN requiere módems inalámbricos y una infraestructura de red inalámbrica, proporciona como un servicio de pago por un portador de servicios inalámbricos. Los dispositivos portátiles recibir comunicaciones como los módems inalámbricos conectados y redes inalámbricas interactuar a través de ondas de radio. El módem interactúa directamente con las torres de radio, que llevan la señal a un centro de conmutación móvil, donde se pasa la señal a la conexión de red apropiada pública o privada por ejemplo, teléfono, otra línea de alta velocidad, o incluso internet.

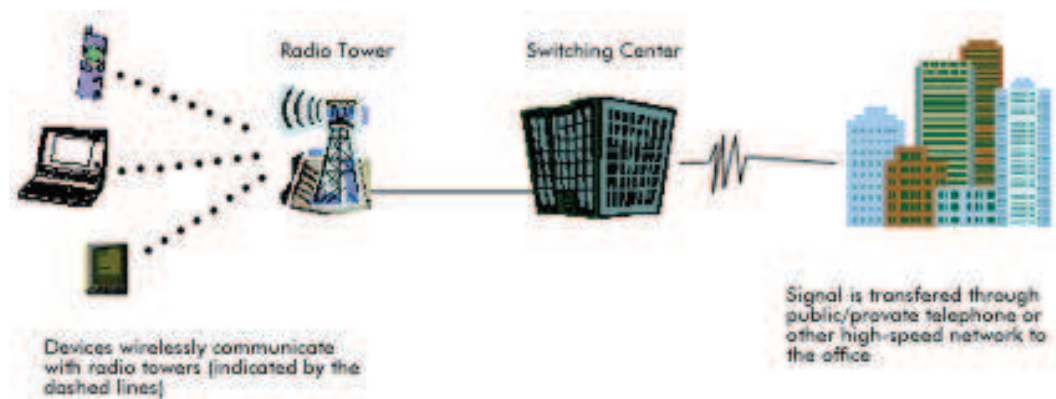


Figura 4.3 Red Wwan

Fuente: (pdfn.com, 1999)

- **Redes de área metropolitana inalámbricas (WMAN)**

Las redes inalámbricas de área metropolitana permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas entre varias ubicaciones dentro de una misma área como por ejemplo, entre varios edificios de oficinas en una ciudad o en un campus universitario, sin el alto costo que implica la fibra o el cableado de cobre y alquiler líneas. WMAN utilizar tanto las ondas de radio o luz infrarroja para transmitir datos. Redes de acceso inalámbrico de banda ancha, que proporcionan a los usuarios con acceso de alta velocidad a Internet, están en creciente demanda.

Entre las ventajas más sobresalientes encontramos:

- Frecuencia de 2.4 GHz, 5.7 GHz y 5.8 GHz
- Fácil y bajo costo de mantenimiento
- Rápida instalación
- Rápido retorno sobre la inversión
- Excelente velocidad de transmisión (72 Mbps).

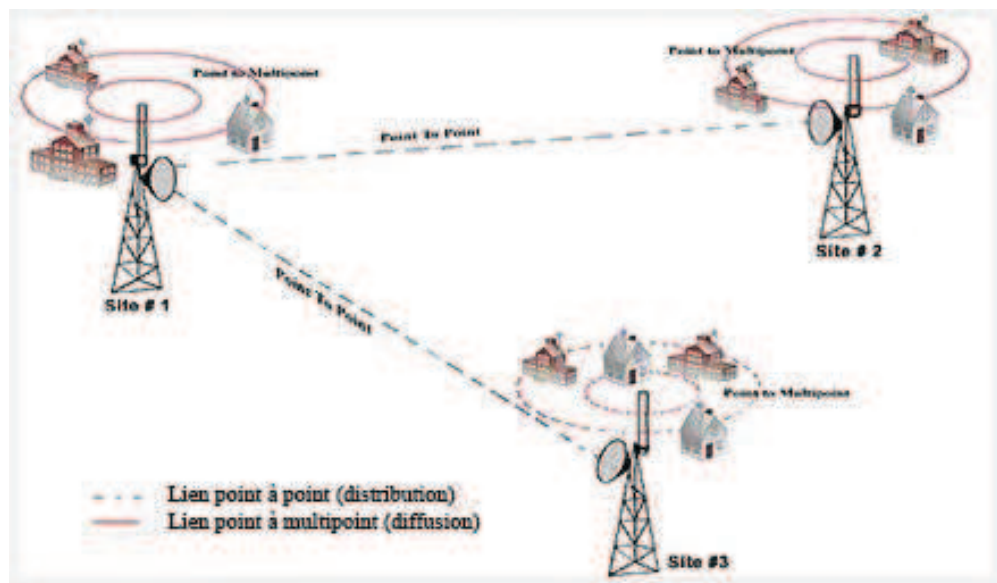


Figura 4.4 Red WMAN

Fuente: (Triton Networks, 2012)

- **Redes de área local inalámbricas (WLAN)**

Una LAN inalámbrica es en la que un usuario móvil puede conectarse a una red de área local LAN a través de una conexión inalámbrica. El grupo IEEE 802.11 de estándares especifican las tecnologías para redes LAN inalámbricas. 802.11 normas utilizan el protocolo Ethernet y CSMA / CA (acceso múltiple de sentido de portadora con evitación de colisión) para el intercambio de ruta e incluyen un método de cifrado.

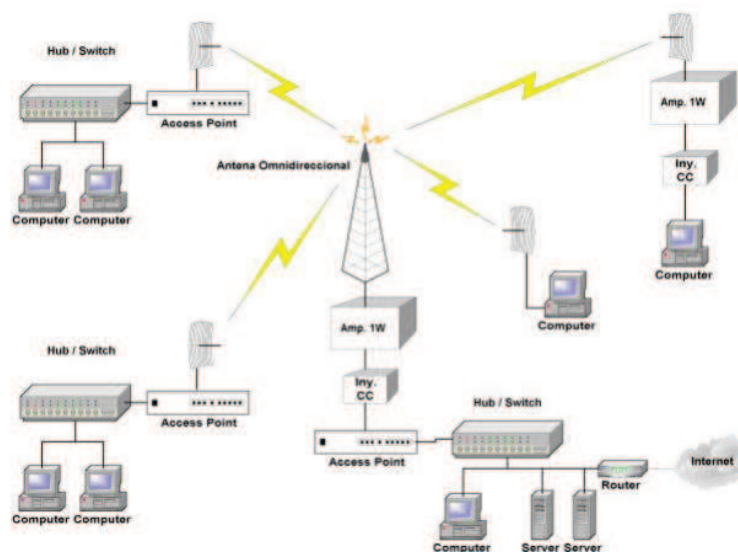


Figura 4.5 Red Wlan

Fuente: (CYBERCOM Cable & Wireless)

- **Redes de área personal inalámbricas (WPAN)**

Una red inalámbrica de área personal incluye redes inalámbricas de corto alcance que abarcan un área de algunas decenas de metros. Este tipo de red se usa generalmente para conectar dispositivos periféricos por ejemplo, impresoras, teléfonos móviles y electrodomésticos o un asistente personal digital (PDA) a un ordenador sin conexión por cables. También se pueden conectar de forma inalámbrica dos ordenadores cercanos.

Se usan varios tipos de tecnología para las WPAN:

La tecnología principal WPAN es Bluetooth, lanzado por Ericsson en 1994. Ofrece una velocidad máxima de 1 Mbps con un alcance máximo de unos treinta metros. La tecnología Bluetooth, también conocida como IEEE 802.15.1, tiene la ventaja de tener un bajo consumo de energía, algo que resulta ideal para usarla en periféricos de pequeño tamaño.



Figura 4.6 Red Wpan

Fuente: (Avila, 20011)

4.2 Capa PHY y MAC

La capa MAC está compuesta de 3 subcapas:

Service-Specific Convergence Sublayer (CS): La Subcapa de convergencia específica del servicio a menudo conocido simplemente como el CS, está justo encima de la subcapa MAC CPS. El CS utiliza los servicios proporcionados por el MAC CPS, a través del punto de acceso MAC de servicio SAP.

MAC Common Part Sublayer (MAC CPS): La subcapa reside en el medio de la capa MAC. La CPS representa el núcleo del protocolo MAC y es responsable de:

- Asignación de ancho de banda
- Establecimiento de la conexión
- Mantenimiento de la conexión entre las dos partes

Security Sublayer: permite la autenticación, el intercambio seguro de claves, cifrado y control de la integridad de todo el sistema. Los dos temas principales de la seguridad de las redes de datos son la encriptación de datos y autenticación. Algoritmos de la realización de estos objetivos deben evitar todos los ataques de seguridad conocidos cuyos objetivos pueden ser la denegación de servicio, robo de servicio, etc.

Capa Física

A través del tiempo se han hecho comprobaciones, acerca de las técnicas avanzadas que se usan en esta capa y que están disponibles para las redes inalámbricas, que debido a la gran densidad de nodos que poseen estas redes y al espectro limitado, es indispensable optimizar el uso de los canales minimizando las interferencias. Estos mecanismos son la selección dinámica de frecuencia DFS y el control de potencia TPC. Con el fin de aumentar la capacidad, mitigar la atenuación, interferencia entre canales, se han creado sistemas multiantenas como es el caso de las antenas pequeñas y los sistemas MIMO que hace uso de esta tecnología con fin de conseguir capacidades superiores a los 108 Mbps en el enlace inalámbrico. Por otro lado existen otras tecnologías de radio que usan las técnicas como son el acceso múltiple de la frecuencia ortogonal OFDM y Banda ultra-ancha UWB.

4.3 Protocolos de ruteo

Este proceso establece una ruta óptima para una instancia de comunicación desde una fuente a un destino. La ruta elegida debe optimizar en lo posible algún parámetro o conjunto de parámetros, como el retardo de tránsito, el número de saltos, el tamaño de las colas, el caudal de salida.

En general, las decisiones de encaminamiento son incrementales. Cada nodo de conmutación sólo debe decidir a qué nodo adyacente debe transmitir los datos, quedando así establecida la parte correspondiente de la ruta.

Métrica de la red

Puede ser los saltos necesarios para ir de un nodo a otro. Aunque ésta no se trata de una métrica óptima ya que supone 1 para todos los enlaces, es sencilla y suele ofrecer buenos resultados, es también la medición del retardo de tránsito entre nodos vecinos, en la que la métrica se expresa en unidades de tiempo y sus valores no son constantes sino que dependen del tráfico de la red.

Mejor ruta

Entendemos por mejor ruta aquella que cumple las siguientes condiciones:

- Consigue mantener acotado el retardo entre pares de nodos de la red.
- Consigue ofrecer altas cadencias efectivas independientemente del retardo medio de tránsito
- Permite ofrecer el menor costo.
- El criterio más sencillo es elegir el camino más corto, es decir la ruta que pasa por el menor número de nodos. Una generalización de este criterio es el de coste mínimo.

Los algoritmos de direccionamiento existentes para las redes wireless ad-hoc pueden clasificarse en tres categorías: proactivo, reactivo e híbrido.

Aquellas de tipo proactivo mantienen constantemente actualizados la información de direccionamiento a través de intercambios de paquetes a intervalos temporales fijos. Esto permite tener un direccionamiento disponible a cada petición de enrutamiento, pero está la desventaja de producir tráfico de señalización incluso cuando no se transmite ningún paquete de datos; esto puede provocar sobrecarga en la red.

En los protocolos de tipo reactivo viene invocado un procedimiento para determinar el correcto direccionamiento sólo en el momento en el que el paquete deba efectivamente transmitirse. De este modo, se reduce el tráfico de señalización en detrimento de un aumento de los tiempos de entrega.

El tercer tipo de protocolos híbrido busca, como dice su nombre, de unir las ventajas de ambos protocolos precedentes, limitando la aplicación de algoritmos proactivos sólo a los nodos adyacentes del que quiere transmitir.

4.3.1 Protocolo de ruteo de redes mesh

También conocido como B.A.T.M.A.N. (Better Approach To Mobile Adhoc Networking). Fue desarrollado como una alternativa a OLSR. La suposición es que los algoritmos tradicionales de enrutamiento en realidad no funcionan bien en redes ad-hoc, debido a las fluctuaciones de la calidad del enlace y frecuentes de nuevos enlaces o perdidos. Cuando el protocolo de enrutamiento encuentra una ruta óptima, puede

convertirse en subóptima después de algún tiempo. Muchos protocolos de enrutamiento no reaccionan inmediatamente a los cambios de topología que las hace inefficientes.

B.A.T.M.A.N. ofrece un nuevo enfoque para el descubrimiento de ruta que puede considerarse en algún lugar entre las ideas de AODV y OLSR. Todos los nodos difunden periódicamente los llamados mensajes originales que contienen la dirección del nodo, un número de secuencia y un TTL. La dirección de origen tupla y número de secuencia hace que el paquete de identificación y permite la detección de duplicados. Cuando un nodo recibe un MDS actualiza su tabla de enrutamiento que contiene principalmente los siguientes datos:

- Originador dirección: la dirección de origen del remitente del mensaje de saludo.
- Número de secuencia actual: número de secuencia del último mensaje saliente, que se utiliza para detectar duplicados y la información obsoleta.
- Ventanas correderas: una lista de ventana corredera de números de secuencia se almacena para cada autor y cada tramo anterior, es decir, un vecino que le han transmitido o se originó el mensaje del contestador.

Funcionamiento:

B.A.T.M.A.N. cuenta con elementos clásicos de los protocolos de enrutamiento: Detecta otros nodos B.A.T.M.A.N. y encuentra el mejor camino o ruta a los mismos. También se realiza un seguimiento de los nuevos nodos e informa a sus vecinos sobre su existencia.

En las redes estáticas, los administradores de red o técnicos deben decidir con cual equipo se llega a través de qué manera o por medio de un cable. Como las redes de radio sufren cambios constantes y bajos umbrales de participación son una parte vital de la fundación de redes Freifunk ya que esta tarea tiene que ser automatizada en la medida de lo posible.

De manera regular, cada nodo envía la llamada emisión un mensaje general para todos de esa manera informa a todos sus vecinos acerca de su existencia. Los vecinos entonces retransmiten este mensaje para sus vecinos y así sucesivamente. Esto conduce la información a cada nodo en la red. Con el fin de encontrar la mejor ruta para un cierto

nodo, B.A.T.M.A.N. cuenta los mensajes de origen que fueron recibidos y los registros de dónde provino dicho mensaje.

Al igual que los protocolos de vector distancia, pero a diferencia de los protocolos de estado de enlace, B.A.T.M.A.N. no trata de determinar la forma general, sino que, mediante el uso de los mensajes de origen, sólo utiliza el primer paquete en la dirección correcta. Los datos se entregan a la vecina en esa dirección, que a su vez utiliza el mismo mecanismo. Este proceso se repite hasta que los datos lleguen a su destino.

4.3.2 MME (Mesh Made Easy)

MME (Mesh Made Easy) es un protocolo de enrutamiento adecuado para Mikrotik nivel de enrutamiento IP en redes malladas inalámbricas. Se basa en las ideas de B.A.T.M.A.N.

MME trabaja periódicamente mensajes de difusión originales dicha. La información de encaminamiento que contiene un mensaje consiste en la dirección IP de su autor y una lista opcional de prefijos IP los anuncios de la red. Si un nodo recibe un mensaje de remitente no se ha visto antes, se retransmite el mensaje. A diferencia de otros OLSR, MME no mantiene información de topología de red. Por consiguiente, el MME no es capaz de calcular la tabla de enrutamiento, y no necesita. Por el contrario, mantiene las pistas de paquetes recibidos y sus números de secuencia para contar cuántos paquetes se perdieron. De esta manera, a partir de las estadísticas de pérdida de mensajes para todas las combinaciones de iniciadores y vecinos de un solo salto, MME es capaz de encontrar la mejor puerta de entrada a un destino en particular.

Las ideas principales detrás de MME se basan en las observaciones realizadas en las redes de malla móviles: puede ser imposible conocer la topología exacta de toda la red, ya que está cambiando rápidamente; si cambia la topología de enrutamiento desencadenar recalculación para todos los nodos de la red, y para sistemas embebidos, el cálculo de la tabla de enrutamiento sobrecarga de la CPU puede ser significativo.

Para evitar estos problemas, un nodo de MME: sólo se preocupa por el mejor salto al vecino en ruta a un destino particular; evita cálculos de enrutamiento de mesa.

Las funciones secundarias del protocolo MME son: para transportar información acerca de las puertas a la Internet, y para configurar dinámicamente las rutas predeterminadas. La parte del responsable de la MME que es apodado "el protocolo de puerta de enlace". MME protocolo utiliza el puerto UDP 1966 para el tráfico del mensaje. El protocolo de puerta de enlace utiliza el puerto TCP 1968. Se supone en un funcionamiento normal del protocolo, un gran número de estos mensajes se pierden debido a la mala calidad del enlace. Esta hipótesis es importante si estamos hablando de sobrecarga de protocolo. Teóricamente consumo propio tráfico protocolo es por lo menos tan grande como para RIP, dúos y peor que la de estado de los vínculos protocolos de encaminamiento (OSPF, OLSR) a menos que la topología está en constante cambio. (Balliache, 2012)

4.3.3 MMRP (Mobile Mesh Routing Protocol)

En WMN, los más comunes los flujos de tráfico son hacia y desde la Internet son, con mucho, el caso más común, pero reconocimientos TCP formar torrentes en la dirección opuesta. Por lo tanto, se decidió que cualquier nodo de un WMN sólo sabrá cómo llegar a una puerta de enlace y sólo se puede acceder desde una pasarela. Cualquier pequeña cantidad de tráfico de cliente a cliente puede enviarse a través de la matriz común de los clientes potencialmente la puerta de enlace. En esencia, las rutas hacia y desde la puerta de entrada forman un árbol con raíz en la puerta de enlace.

En este protocolo, cada cliente elige una única puerta de enlace para conectarse al Internet. Si el nodo se mueve o si esta puerta de enlace falla, el nodo puede elegir una puerta de enlace diferente. Los usuarios móviles pueden desplazarse libremente, siempre y como lo son en el área de cobertura de la red. Implementaciones pequeñas pueden usar una única puerta de enlace y renunciar el uso de una pasarela.

4.4 Calidad de servicio (QoS)

La Calidad de Servicio, es la capacidad de una red que proporciona un comportamiento adecuado del tráfico, cumpliendo a su vez con los requerimientos de ciertos parámetros relevantes para el usuario final. Lo cual asegura una correcta entrega de la información al

proveer un uso eficiente de los recursos en caso de presentar congestión en la red, seleccionando un tráfico específico de ésta, priorizando según su importancia la utilización de métodos de control de la red.

El control de ancho de banda es un conjunto de mecanismos para controlar la repartición de tasa de datos, variabilidad de retraso, tiempo de entrega y confiabilidad de entrega. QoS puede enrutar priorizando y modelar el tráfico de la red, para lo cual se requiere un analista de colas.

4.4.1 Tipos de colas

Los tipos de colas describen que paquete se transmitirá en la próxima fila. RouterOS soporta varios algoritmos de colas:

- **BFIFO, PFIFO, MQ PFIFO**

Estas disciplinas de colas se basan en el algoritmo FIFO, el primero en entrar, es el primero en ser atendido y el primero en salir. Las colas FIFO se utilizan para enviar/recibir paquetes de los puertos de red conectados al bus. En realidad las colas FIFO son bancos de registros de 16 slots de 64 bits.

La diferencia entre **PFIFO** y **BFIFO** es que uno se mide en paquetes y el otro en bytes. Cada paquete que no puede ser encolado (si la cola está llena), se deja caer. Los tamaños grandes colas pueden aumentar la latencia, pero la ventaja es que utilizan mejor canal.

En cambio a las colas **PFIFO-LIMIT** y **BFIFO** se las utilizan como límite de los parámetros. **MQ-PFIFO** es **PFIFO** con soporte para múltiples colas de transmisión. Este tipo cola es beneficioso en sistemas SMP con interfaces Ethernet que tienen soporte para múltiples colas de transmisión. (Balliache, 2012)

- **RED**

Es un mecanismo de colas que es útil en una red troncal o de núcleo, pero no es tan útil cerca del usuario final, ya que trata de evitar la congestión de la red mediante el

control del tamaño medio de la cola. El tamaño medio de la cola se compara con dos umbrales: un mínimo (min) y máximo (max) de umbral. Si el tamaño medio de la cola (avg) es menor que el umbral mínimo, no se descartan. Cuando el tamaño medio de la cola es mayor que el umbral máximo, todos los paquetes entrantes se eliminan. Pero si el tamaño medio de la cola está entre los umbrales de paquetes mínimos y máximos se dejó caer aleatoriamente con una probabilidad P_d donde la probabilidad exacta es una función del tamaño promedio de la cola: $P_d = P_{max} (avg - min) / (max - min)$. (Balliache, 2012)

- **SFQ**

Stochastic Fairness Queuing, es una implementación simple de colas sin clases disponibles para el control del tráfico con la manipulación de la configuración de control de tráfico. SFQ es flujo que corresponde en su mayoría a una sesión TCP o a un flujo UDP. El tráfico se divide en un número bastante grande de colas FIFO, una para cada conversación. El tráfico se envía en forma de round robin, "dando a cada período de sesiones la posibilidad de enviar datos a su vez".

Ya que no es realmente una cola para cada sesión, se tiene un algoritmo que divide el tráfico en un número limitado de colas usando un algoritmo de hash. Varias sesiones pueden acabar en el mismo cubo, que reduciría a la mitad de cada sesión es la oportunidad de enviar un paquete, por lo que reducir a la mitad la velocidad disponible eficaces. Para evitar esta situación se convierte en cambios notables, SFQ su algoritmo de hash muy a menudo para que cualquiera de las dos sesiones de colisión, sólo lo hará para un pequeño número de segundos. (Balliache, 2012)

- **PCQ**

Per Connection Queue o por conexión de cola, es similar a SFQ y se puede utilizar para igualar dinámicamente o ajustar el tráfico de varios usuarios, se utiliza la administración poco. Es posible dividir los escenarios PCQ en tres grupos principales: ancho de banda igual a un número de usuarios, la distribución de cierto ancho de

banda igual entre los usuarios, la distribución de ancho de banda desconocida igual entre los usuarios.

4.4.2 Colas simples

Para gestionar este tipo de colas hay que tomar en cuenta cual es el siguiente elemento que se va a leer y cuál es el último elemento que se ha introducido, ya que las colas simples se insertan por el final y se saca por el principio. Entre estas colas tenemos:

- Por origen/destino de red
- Dirección IP de cliente
- Interface

4.4.3 Árboles de colas

- Por protocolo.
- Por puerto.
- Por tipo de conexión. (Di Rienzo, Pica, & Roche, 2008)

4.5 Características de RouterOS

- Filtrado de paquetes por:
- Origen, IP de destino.
- Protocolos, puertos.
- Contenidos (seguimiento de conexiones P2P).
- Puede detectar ataques de denegación de servicio (DoS)
- Permite solamente cierto número de paquetes por periodo de tiempo. (Di Rienzo, Pica, & Roche, 2008)

4.6 Escenarios de aplicabilidad

Los escenarios de aplicabilidad son:

- **Mesh comunitaria:** acceso a Internet compartido, vigilancia y seguridad vecinal (videocámaras), respuesta médica y de emergencia.

- **Mesh municipal:** zonas comerciales de una ciudad, puntos de información al ciudadano y turismo, intranet municipal, comunicación permanente entre distintos organismos públicos (hospitales, comisarias, bomberos, etc.).
- **Hogar Mesh:** equipos de audio y vídeo, teléfonos móviles y fijos, laptops, palms, interruptores inteligentes, sistemas de inteligencia ambiental dentro del hogar, etc.
- **Mesh espontánea:** servicios de datos, voz y video momentáneos, llamadas peer-to-peer.
- **Campus Mesh:** universidades o instituciones educativas.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA RED MESH

5.1 Introducción

Se realizara el análisis de la red inalámbrica de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur y posterior a esto se diseñara un prototipo de referencia, tomando en cuenta e identificando los diferentes requisitos tecnológicos y necesidades de la población que conlleva diseñar dicha red. Se hará mención sobre los equipos WMNs que en la actualidad están disponibles en el mercado con el fin de seleccionar los productos que mejor se adapten a las necesidades específicas del área seleccionada. Adicionalmente se estudiarán algunos equipos con los cuales se podría realizar la implementación de la red e identificar el equipo que se acople a las necesidades económicas y técnicas.

Se plantea el uso de 5 estaciones con equipos Mikrotik 411AH para formar la red Mesh que se comunicaran en una frecuencia de 5 GHz, este es el backbone de la red. Para la red de acceso de los usuarios se utiliza el equipo Mikrotik 411AH que están conectadas a las antenas sectoriales de 90 grados que trabajan en la frecuencia de 2.4 Ghz que serán colocados de una manera estratégica para obtener mayor cobertura del campus. Para administrar el acceso de los usuarios al servicio de internet se implementa un Hotspot autenticándose en un servidor Radius que proporciona el equipo Mikrotik creando los usuarios con sus contraseñas.

La necesidad de contar con redundancia en la red tanto en la parte para los usuarios también se debe pensar en la parte de proveedores con esto conlleva a utilizar el protocolo VRRP, el cual plantea incrementar la disponibilidad de la puerta de enlace predeterminada con dos routerBOARD Mikrotik. El primer router será el maestro estará encargado de tener el servicio de internet de un proveedor, el segundo router será el backup estando a cargo de un segundo proveedor además estando atento en caso de que el maestro falle. Al router backup se lo configura para servir al router maestro en caso de que este pierda conectividad, si esto sucede automáticamente el backup lo reemplazará y todo el tráfico

pasará por el router backup, en caso de que el router maestro recupere conectividad, esta tomará la posta con esto evitamos quedarnos sin servicio si un equipo fallara.

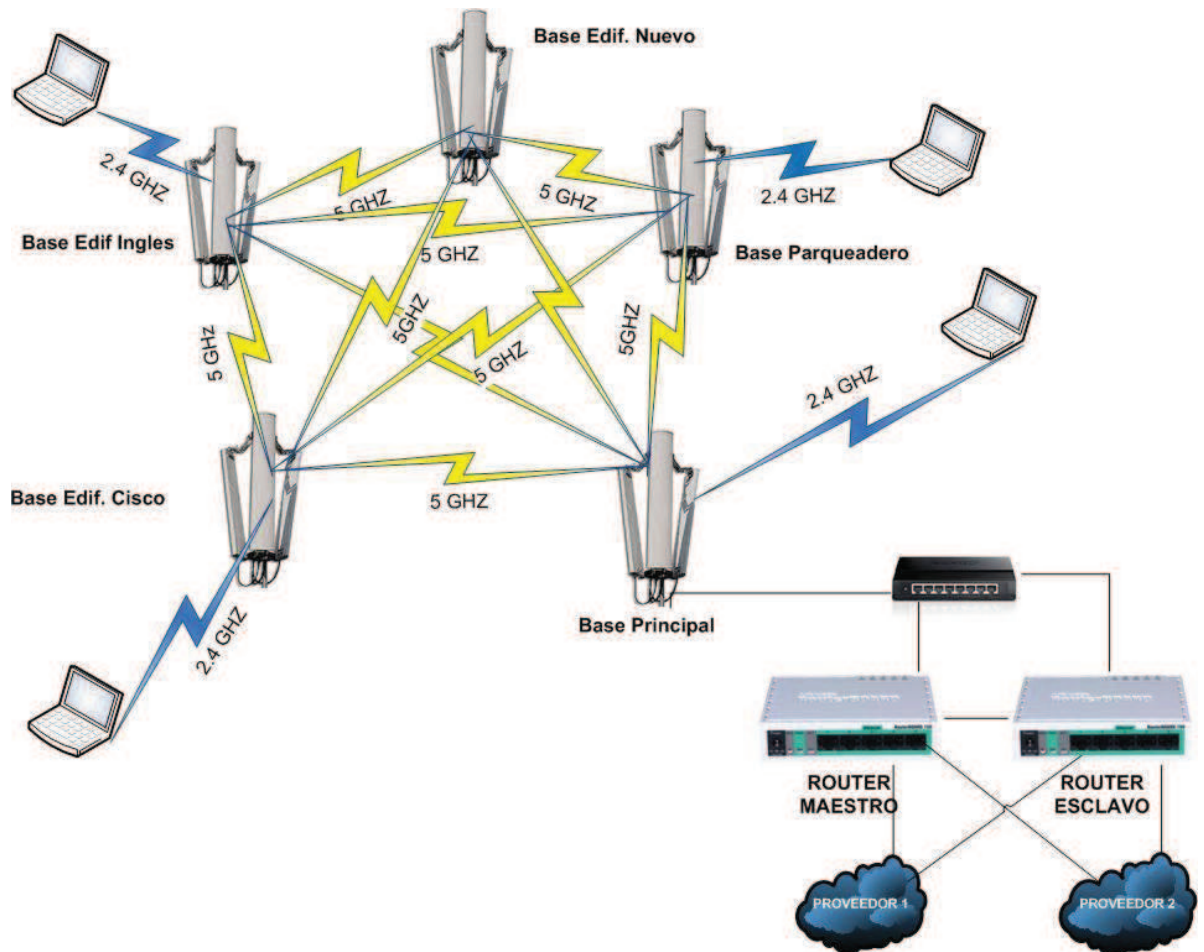


Figura 5.1 Solución Mesh con Equipos Mikrotik

Fuente: (Mier & Velasquez, Ancho de Banda típico para servicios de datos, 2012)

5.2 Requisitos para el diseño de la red WMNS

5.2.1 Requisitos generales

- **Implementación accesible.-** Los equipos de los nodos principales de la red deben ser de accesible instalación, configuración e implementación.

- **Enlaces robustos.-** El enlace debe ser sólido y con una redundancia en las rutas de acceso, debe tener una fácil auto detección y corrección de problema que existieran dentro de la red.
- **Estabilidad en el enlace.-** Al tener una red redundante garantizar la estabilidad del enlace y con ello la permanencia del servicio.
- **Ancho de banda.-** Obtener un buen ancho de banda que permita brindar servicios de voz, video, aplicaciones e Internet con QoS.

5.2.2 Requisitos específicos

- **Throughput**

Es el rendimiento real del ancho de banda o la cantidad de información que puede fluir por la red en un periodo determinado de tiempo. El rendimiento se mide generalmente en bits por segundo (bit/s o bps).

- **Topología de la red**

Para el backbone se utilizará la banda de 5 GHz, que es útil para el enlace de los nodos principales y con ello asegurar la columna vertebral del enlace, esta banda pertenece al estándar IEEE 802.11a. Para el backhaul se utilizará la banda de 2.4 GHz con el cual se permitirá la conexión de los clientes fijos o móviles, para la conectividad inalámbrica de estos dispositivos se utilizará el estándar IEEE 802.11 b/g.

- **Requisitos de funcionamiento**

El principal monitoreo en la red Mesh es el ping, el cual permite evaluar la latencia de nuestra red, la que debe tener valores aceptables con lo que permitirá que las aplicaciones funcionen con un buen rendimiento.

- **Requisitos del protocolo de enrutamiento**

El protocolo para la implementación de la red Mesh, cumple con los requerimientos de MME (Mesh Made Easy) el cual consiste en la creación de áreas y permite

minimizar las actualizaciones de ruteo, este tipo de enrutamiento permite que la red sea dinámica y funcional en cualquiera de los puntos de cobertura.

- **Seguridad**

Para que la red trabaje acorde a los requerimientos y sea funcional es necesario trabajar con servicios de autenticación, privacidad e integridad y uno de los principales servicios de encriptación en la implementación de la red es el WPA.

5.3 Descripción de la tecnología a emplearse en el diseño de la red WMNs

5.3.1 Arquitectura Mesh para redes WI-FI

Una arquitectura en malla permite que cada nodo receptor actúe simultáneamente como nodo emisor. De esta forma, cada nuevo dispositivo que se añade a la red utiliza capacidad de ésta, pero también aporta recursos. Se trata de un modelo similar a la estructura de encaminamiento de Internet. Al no ser necesaria una comunicación directa con el punto de destino, se puede aumentar significativamente el número de dispositivos sin aumentar el nivel de interferencia.

Un aspecto fundamental del funcionamiento de las redes en malla es que la comunicación entre un nodo y cualquier otro puede ir más allá del rango de cobertura de cualquier nodo individual. Esto se logra haciendo un enrutamiento multisalto, donde cualquier par de nodos que desean comunicarse podrán utilizar para ello otros nodos inalámbricos intermedios que se encuentren en el camino.

Esto es importante si se compara con las redes tradicionales WiFi, donde los nodos deben estar dentro del rango de cobertura de un AP y solamente se pueden comunicar con otros nodos mediante los AP; estos AP a su vez necesitan de una red cableada para comunicarse entre sí. Con las redes en malla todos los nodos pueden comunicarse directamente con los vecinos dentro de su rango de cobertura inalámbrica y con otros nodos distantes mediante el enrutamiento multisalto ya mencionado.

La arquitectura mallada inalámbrica es un primer paso para proveer a la red un gran ancho de banda sobre un área de cobertura específica. La infraestructura de la arquitectura mallada inalámbrica es en efecto, una red con enrutador menos el cableado entre nodos. Construido con dispositivos de radio iguales que no pueden estar cableados a un puerto tradicional WLAN como access points. Tal arquitectura con el diseño puede suministrar cuidadosamente mayor ancho de banda, eficiencia espectral, y una ventaja económica sobre el área de cobertura.

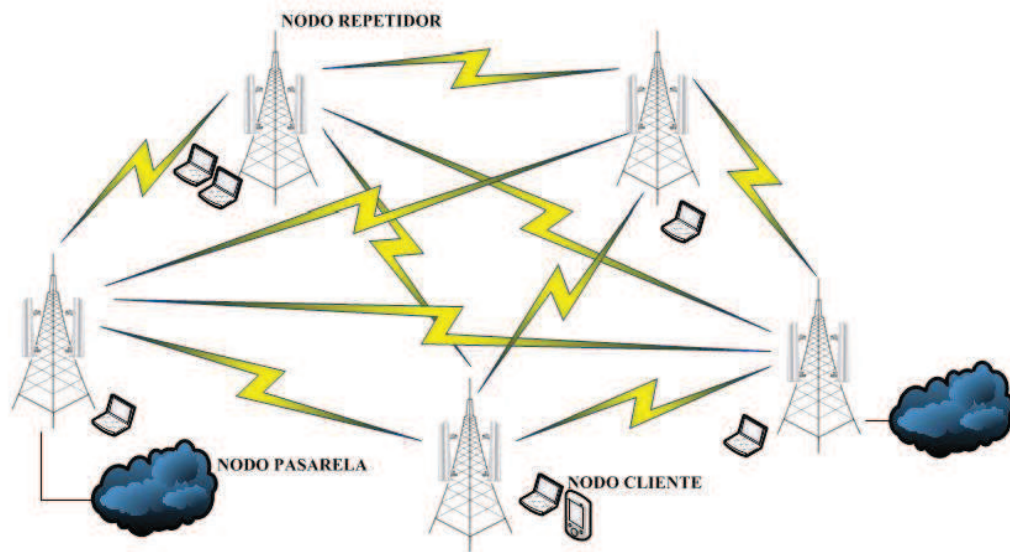


Figura 5.2 Arquitectura de red Mesh con Tecnología WIFI

Fuente: (Mier & Velasquez, Arquitectura de red Mesh con Tecnología WIFI, 2012)

Nodo pasarela. Una estación dotada de conectividad final a internet permitiendo al resto de nodos de la red inalámbrica acceder a través de ella a los servicios de internet; en algunas ocasiones pueden existir uno o varios nodos pasarelas en la red inalámbrica lo cual no es muy común pero puede darse este caso.

Nodo repetidor. Los distintos repetidores se unen formando el backbone que se encarga de conmutar las comunicaciones con otros nodos.

Nodo cliente. Aquellas que se benefician y hace uso de todos los servicios que la red pone a su servicio.

5.4 Enlaces WI-FI

Un Enlace Wi-Fi es la conexión de dos o más puntos realizados mediante el uso de la tecnología inalámbrica Wi-Fi (802.11a - 802.11b - 802.11g - 802.11n). Básicamente es como comunicarse entre varios equipos directamente sin necesidad de un complejo cableado que los una, las ondas serán la vía de conexión entre los equipos. Para tener una comunicación entre ambos se requiere que la señal proveniente de la antena sea lo suficientemente fuerte para cumplir con dicho requerimiento.

El proceso con el cual se establece la viabilidad del enlace se denomina cálculo del presupuesto de potencia. La calidad del equipo mejora las señales para que puedan o no ser enviadas entre los radios y ayuda en la disminución de la señal debido a la distancia, denominada pérdida de trayectoria.

5.4.1 El cálculo de los enlaces

- **Potencia de transmisión**

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos. La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Se debe tener en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 - 26 dBm (30 - 400 mW).

- **Pérdidas en los conectores**

Estos valores 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados pueden implicar pérdidas mayores. Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de pérdidas en los cables.

Pero un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general. Además los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestados hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo.

- **Ganancia de antena**

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi antena integrada simple y 8 dBi omnidireccional estándar hasta 21 - 30 dBi parabólica. Pero hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena. Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación. Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima.

- **Pérdidas en el espacio libre**

La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. Se mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo. La señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica. La Pérdida en el Espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia.

Aplicando decibels, resulta la siguiente ecuación:

$$PEA \text{ (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K$$

Dónde:

d = distancia

f = frecuencia

K = constante que depende de las unidades usadas en d y f

- **Sensibilidad del receptor**

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que

identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer bits lógicos y alcanzar una cierta tasa de bits.

- **Margen y relación S/N**

No es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado.

La relación entre el ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N). Un requerimiento típico de la SNR es 16 dB para una conexión de 11 Mbps y 4 dB para la velocidad más baja de 1 Mbps.

En situaciones donde hay muy poco ruido el enlace está limitado primeramente por la sensibilidad del receptor. En áreas urbanas donde hay muchos radioenlaces operando, es común encontrar altos niveles de ruido (tan altos como -92 dBm). En esos escenarios, se requiere un margen mayor:

$$\text{Relación señal a ruido [dB]} = 10\log_{10} \frac{\text{Potencia de la señal [W]}}{\text{Potencia del ruido [W]}}$$

En condiciones normales sin ninguna otra fuente en la banda de 2.4 GHz y sin ruido de industrias, el nivel de ruido es alrededor de los -100 dBm.

- **PIRE**

En los sistemas de radio el PIRE (potencia isotrópica radiada equivalente) es la cantidad de poder que una antena isotrópica emite para producir la densidad del punto de potencia observado en la dirección de la máxima ganancia de la antena. El PIRE y la tensión se encuentran en dBm (decibelios en milivatios), también conocidos como dBmW, o dBW (decibelios en vatios); la pérdida de cable se indica en dB (decibelios) y la ganancia de la antena se indica en dBi (decibelios con referencia a una antena isotrópica). Determina los valores que utiliza para la salida del transmisor, la ganancia de la antena y la pérdida de línea.

Se presenta con la siguiente fórmula.

$$PIRE = P_{out} + G - L$$

Dónde:

P_{out} = potencia de transmisión de salida

G = ganancia de la antena

L = pérdida de línea

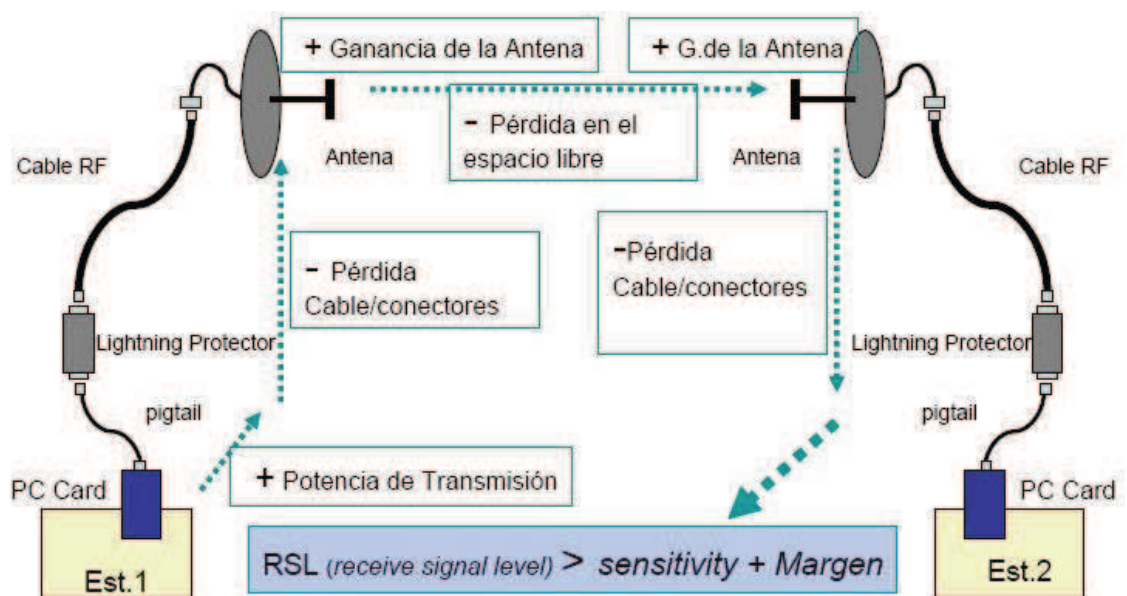


Figura 5.3 Cálculo de radio enlace

Fuente: (Merlos, 2004)

5.5 Características principales Mikrotik

Mikrotik, es una compañía que vende principalmente productos para tecnología inalámbrica como RouterBoards o routers, también conocidos por el software que lo controla llamado RouterOS.

El principal producto de esta compañía es el sistema operativo independiente basado en el Linux, conocido como Mikrotik RouterOS que convierte a una PC en un ruteador dedicado, bridge, firewall, VPN Server y Cliente, controlador de ancho de banda, punto de acceso inalámbrico, QoS y otras características utilizado para el enrutamiento, conexión de redes y además de ciertas funcionalidad como servidor.

El sistema operativo de Mikrotik viene sin licencia a menos que se haya adquirido un RouterBoard. Para que pueda funcionar completamente el software es necesario adquirir una licencia y activarla. Existen diferentes tipos de licencias, cada una con un costo diferente y limitaciones en algunas configuraciones:

Tabla 5.1 Comparación de Licencias

NIVELES	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 3 (WISP CPE)	Nivel 4 (WISP)	Nivel 5 (WISP)	Nivel 6 (Controller)
Precio	Sin clave	Necesario Registrarse	Solo volumen	\$ 45	\$ 95	\$ 250
Actualizable	-	No	ROS v6.x	ROS v6.x	ROS v7.x	ROS v7.x
Soporte de configuración	-	-	-	15 días	30 días	30 días
Wireless AP	24h	-	-	Si	Si	Si
Wireless Cliente and Bridge	24h	-	Si	Si	Si	Si
Protocolos RIP, OSPF, BGP	24h	-	Si	Si	Si	Si
EoIP tunnels	24h	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
PPPoE tunnels	24h	1	200	200	500	ilimitado
PPTP tunnels	24h	1	200	200	500	ilimitado
L2TP tunnels	24h	1	200	200	500	ilimitado
OVPN tunnels	24h	1	200	200	ilimitado	ilimitado
VLAN interfaces	24h	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
HotSpot	24h	1	1	200	500	ilimitado
RADIUS client	24h	-	Si	Si	Si	Si
Queues	24h	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
Web proxy	24h	-	Si	Si	Si	Si
Sesiones de usuario administrador	24h	1	10	20	50	ilimitado

Fuente: (Mikrotik, 2012)

En la tabla 5.1, se puede observar, diferencia entre los niveles de licencias, el nivel 1 es para licencias demo. El nivel 3 es para una estación inalámbrica (cliente) y se lo puede obtener en grandes cantidades. El nivel 2 era una licencia de transición de legado antiguo. Estas licencias ya no están disponibles. La versión actual es la 5 RouterOS la actualización es aplicable a keys compradas después del lanzamiento de v5. (Mikrotik, 2012)

El objetivo de Mikrotik es brindar seguridad, flexibilidad, económicos, rápidos y sencillos lo cual es un gran beneficio para el administrador.

Las principales características que ofrece Mikrotik son:

- Potente control de QoS
- Filtrar el tráfico P2P
- Alta disponibilidad con VRRP
- Vinculación de Interfaces
- Mejora de la interfaz
- Más pequeño y consume menos recursos
- Una gran cantidad de nuevas características
- Avanzada de la Calidad del Servicio
- Cortafuegos, túneles
- STP puente con el filtrado
- Alta velocidad 802.11a/b/g inalámbrica con WEP / WPA
- WDS y AP Virtual
- HotSpot para acceder Plug-and-Play
- RIP, OSPF, BGP, MPLS de enrutamiento
- remoto WinBox GUI y Web Admin
- telnet / mac-telnet / ssh / consola de administración en tiempo real, configuración y monitorización. (Mikrotik, 2012)

5.6 Metodología de la investigación y desarrollo

5.6.1 Fase I. Análisis de la situación actual

En esta fase se procede a tomar las muestras, áreas de cobertura, nombres de redes, señales gráficas y de más componentes que se encuentran en la red inalámbrica de la Universidad Politécnica Salesiana campus Sur con esto sirve para la siguiente fase podremos desarrollar el prototipo que se va a realizar.

5.6.1.1 Estudio y análisis de site survey

- **Datos obtenidos en biblioteca**

La primera toma de datos se realiza en la biblioteca del campus, obteniendo el siguiente resultado:

1. Existen cuatro redes

- WLAN-UPS-ESTUDIANTES
- WLAN-UPS-DOCENTES
- WLAN-UPS-ADMUIOS
- WLAN –CIMA

Todas las redes pertenecen al campus sur, tal como se puede ver en la figura 5.4, al igual que trabajan en varios canales. Cabe recalcar que el estudio se lo realizo en la red WLAN-UPS-ESTUDIANTES.

A continuación se detalla los resultados obtenidos en cada una de las redes:

- La red WLAN-UPS-ESTUDIANTES ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -36 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-DOCENTES ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -36 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-ADMUIOS ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -37 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN –CIMA ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -35 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.



Figura 5.4 Frecuencias UPS sur Biblioteca

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez



Figura 5.5 Ganancia de red UPS Biblioteca (Celular Inteligente)

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- La cobertura se obtuvo con el programa llamado Covera Zone desde una laptop, tal como se puede observar que en la figura 5.6 obteniendo una cobertura en toda la biblioteca. Se puede identificar cuatro colores como es el azul, verde, amarillo y rojo que conforme se va acercando al AP se tiene mejor señal teniéndose de color azul y mientras más se aleja del AP se torna de color rojo, además este software permite identificar donde se encuentra ubicado los AP's.

Los puntos numerados que se encuentran en la figura 5.6 son diferentes lugares que se utiliza para la toma de datos para que este software pueda hallar zonas de cobertura y demás datos.

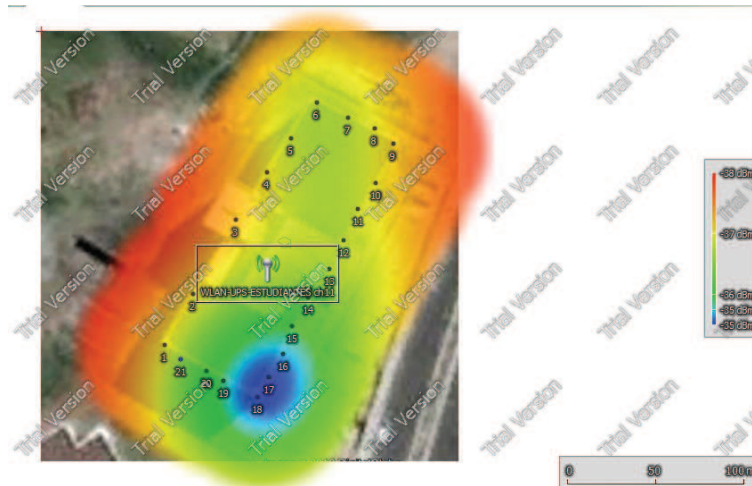


Figura 5.6 Área de cobertura UPS Biblioteca

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

3. A continuación se indica las áreas de cobertura para cada piso del edificio principal:

- **Segundo piso**

En la figura 5.7 se aprecia la toma de área de cobertura en el segundo piso tomando los puntos de referencia explicados anteriormente tenemos gran parte del piso buena señal con puntos que van deteriorando la señal.

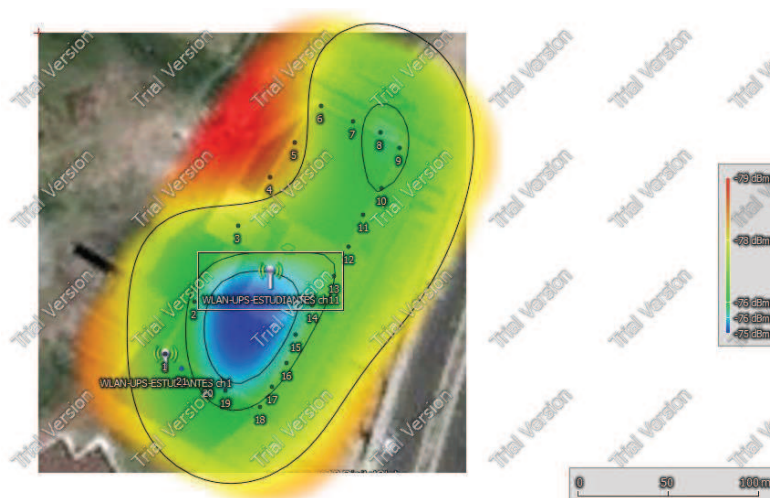


Figura 5.7 Área de cobertura UPS Edificio principal segundo piso

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- **Tercer piso**

En la figura 5.8 se aprecia el tercer piso tomando los puntos de referencia explicados anteriormente tenemos como el segundo piso gran parte del piso buena señal con puntos que van deteriorando la señal.

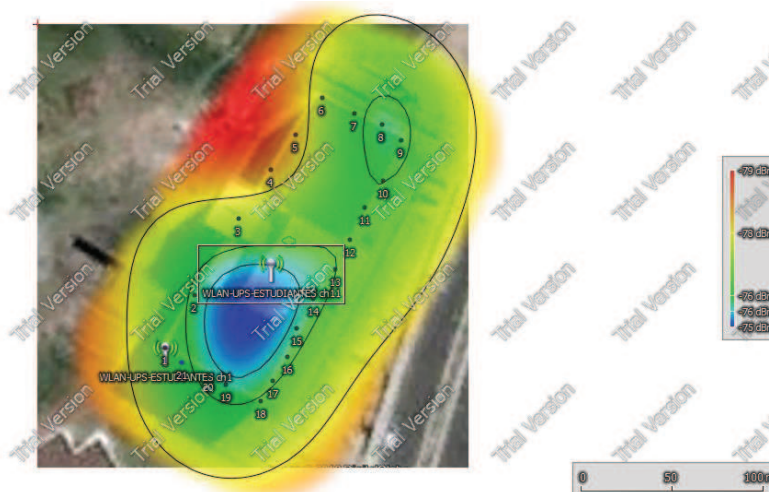


Figura 5.8 Área de cobertura UPS Edificio Principal 3er piso

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- **Cuarto piso (Cecasis)**

En la figura 5.9 las áreas de cobertura son similares a los demás gran parte

existe buena señal con puntos que van deteriorando la señal cuando se alejan de los AP's.

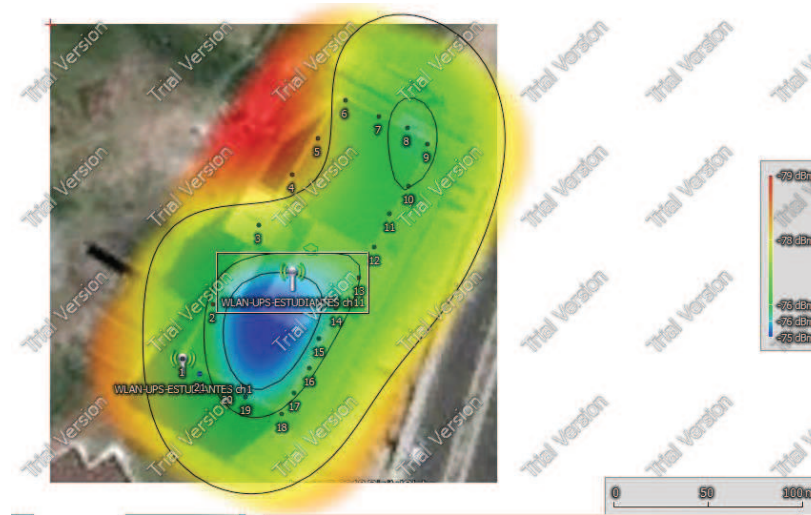


Figura 5.9 Área de cobertura UPS Edificio Principal 4to piso

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- **Datos obtenidos en bloque de secretaria**

Se realizó el site survey en el bloque de secretaria del campus, como se puede observar en la figura 5.10.

1. A continuación se detalla los resultados obtenidos en cada una de las redes:
 - La red WLAN-UPS-ESTUDIANTES ocupa el canal 6, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -74 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
 - La red WLAN-UPS-DOCENTES ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -75 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
 - La red WLAN-UPS-ADMUIOS ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -71 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
 - La red WLAN –CIMA ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -71 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.



Figura 5.10 Frecuencia UPS sur bloque secretaria

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez



Figura 5.11 Ganancia UPS sur secretaria (Celular Inteligente)

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

2. El área de cobertura que se tiene en todo el bloque de secretaria, como se puede observar que en la Figura 5.12. Se puede identificar cuatro colores como es el azul, verde, amarillo y rojo que conforme se va acercando al AP se tiene mejor

señal teniéndose de color azul y mientras más se aleja del AP se torna de color rojo.

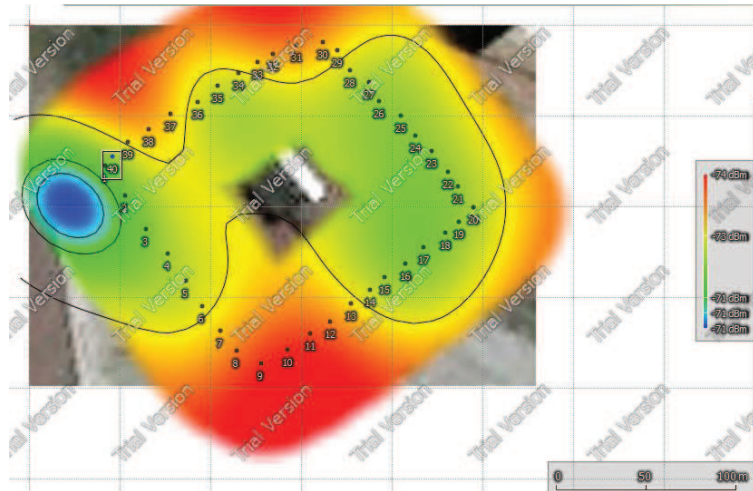


Figura 5.12 Área de cobertura UPS sur edificio Secretaria

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- **Datos obtenidos en bloque de la academia de cisco**

Se realizó el site survey en el bloque de la academia de cisco del campus, como se puede observar en la figura 5.13.

1. A continuación se detalla los resultados obtenidos en cada una de las redes:

- La red WLAN-UPS-ESTUDIANTES ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -60 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-DOCENTES ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -63 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-ADMUIOS ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -63 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN –CIMA ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -64 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.



Figura 5.13 Frecuencia UPS sur bloque academia Cisco

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez



Figura 5.14 Frecuencia UPS sur bloque academia cisco (Celular Inteligente)

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

2. La cobertura se obtuvo con el programa llamado Covera Zone desde una laptop, tal como se puede observar que en la figura 5.15 obteniendo una cobertura en toda la biblioteca. Se puede identificar cuatro colores como es el azul, verde, amarillo y rojo que conforme se va acercando al AP se tiene mejor señal teniéndose de color azul y mientras más se aleja del AP se torna de color rojo.

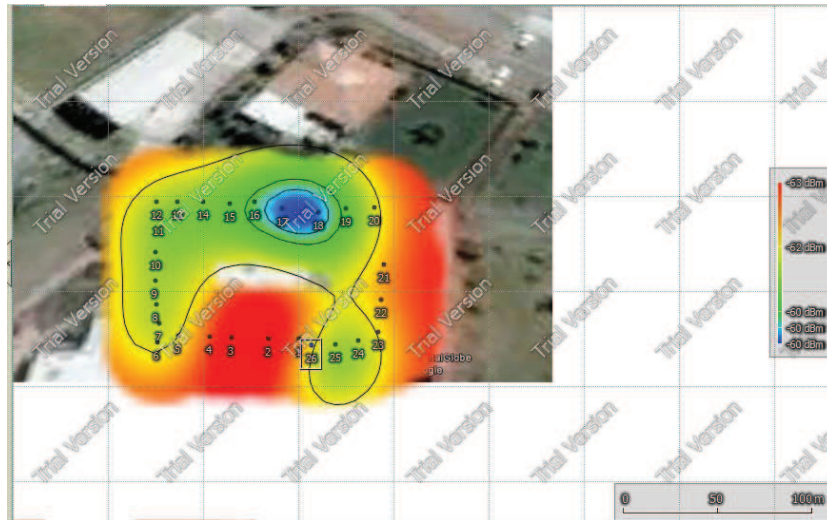


Figura 5.15 Área de cobertura

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- **Datos obtenidos en bloque de los laboratorios de electrónica**

Se realizó el site survey en el bloque de los laboratorios de Electrónica, como se puede observar en la figura 5.16.

1. A continuación se detalla los resultados obtenidos en cada una de las redes:

- La red WLAN-UPS-ESTUDIANTES ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -42 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-DOCENTES ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -47 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-ADMUIOS ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -37 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN –CIMA ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -37 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.

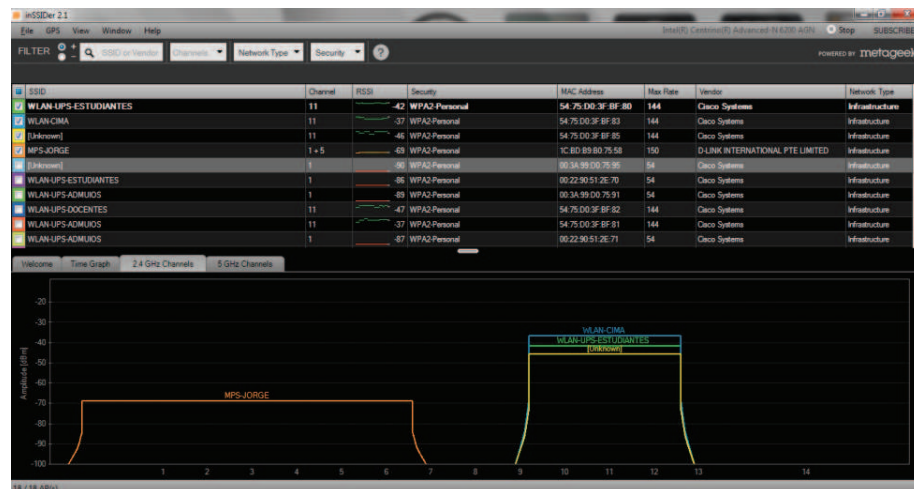


Figura 5.16 Frecuencia UPS sur Bloque laboratorio de Electrónica

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez



Figura 5.17 Ganancia UPS sur Bloque laboratorio de Electrónica (Celular Inteligente)

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

2. En lo que se refiere al área de cobertura en este bloque ya mencionado en su interior y alrededor se tiene una buena señal sin áreas que no llegue la señal o haya perdidas como se puede observar en la Figura 5.18.

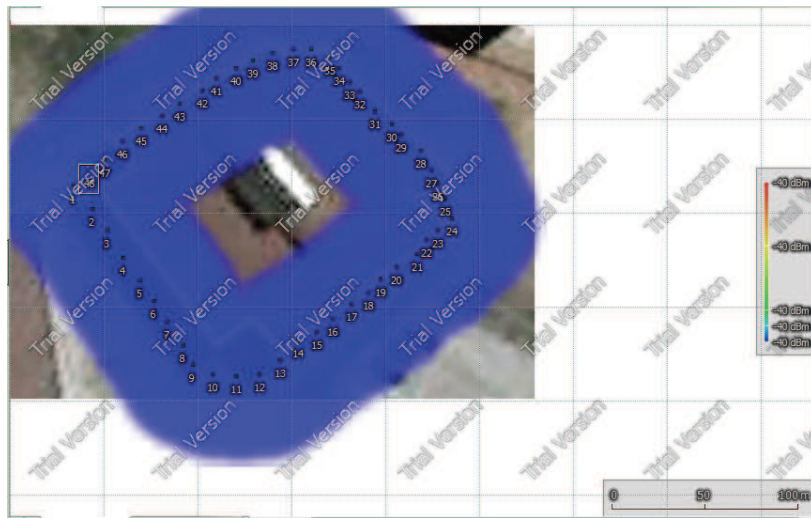


Figura 5.18 Área de Cobertura UPS sur Bloque laboratorio de Electrónica

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- **Datos obtenidos en bloque de pastoral**

Se realizó el site survey en el bloque de pastoral, como se puede observar en la figura 5.19.

1. A continuación se detalla los resultados obtenidos en cada una de las redes:

- La red WLAN-UPS-ESTUDIANTES ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -40 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-DOCENTES ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -42 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-ADMUIOS ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -37 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN –CIMA ocupa el canal 1, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -40 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.

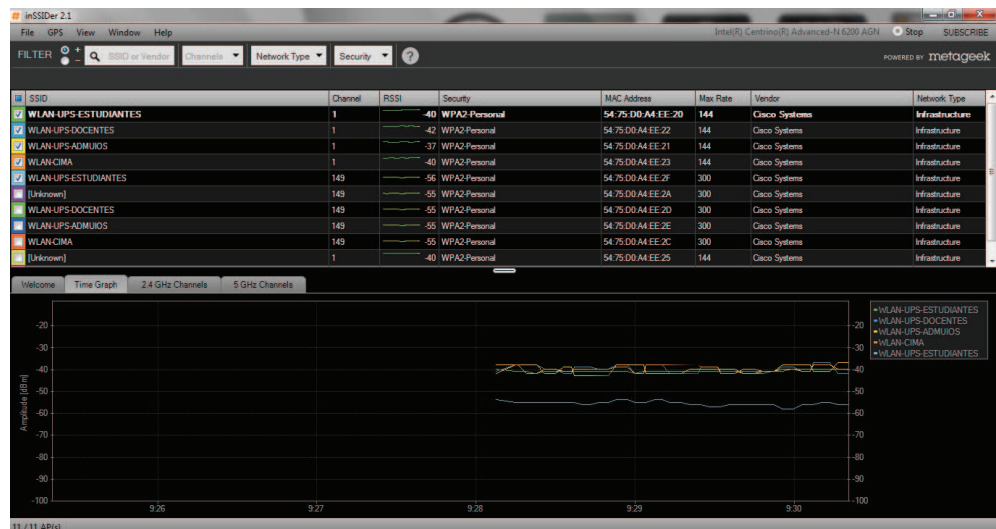


Figura 5.19 Frecuencias UPS sur Bloque de Pastoral

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez



Figura 5.20 Ganancia UPS sur Bloque de Pastoral (Celular Inteligente)

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

2. Con respecto a las áreas de cobertura como antes mencionado cerca del AP se tiene buena cobertura obteniéndose de color azul y existe muchas pérdidas de señal tornándose de color rojo como se puede ver en la figura 5.21.

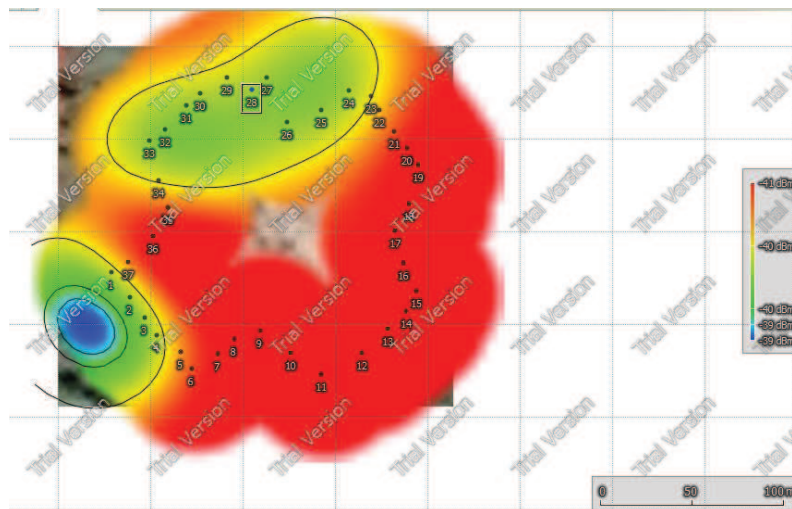


Figura 5.21 Área de cobertura UPS sur Bloque de Pastoral

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- **Datos obtenidos en bloque del edificio G**

Se realizó el site survey en el bloque del edificio nuevo, como se puede observar en la figura 5.22.

1. A continuación se detalla los resultados obtenidos en cada una de las redes:

- La red WLAN-UPS-ESTUDIANTES ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -70 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-DOCENTES ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -76 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-UPS-ADMUIOS ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -75 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.
- La red WLAN-CIMA ocupa el canal 11, trabaja con el sistema de protección WPA2 y una ganancia de -75 dBm en la frecuencia de 2.4 GHz.

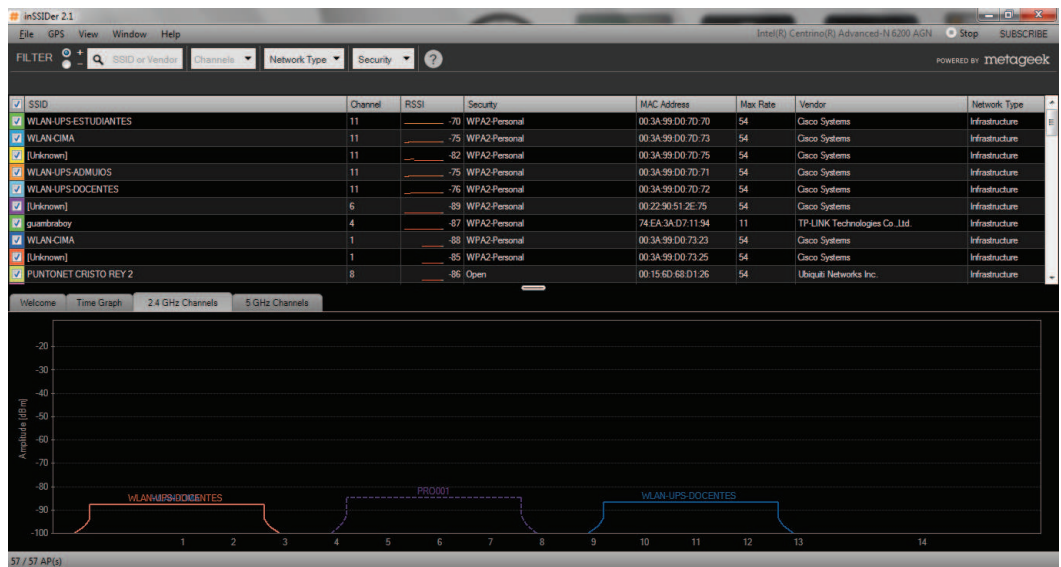


Figura 5.22 Frecuencias UPS sur Edificio G

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

2. El área de cobertura que se tiene en este edificio se puede ver en la figura 5.23. Se puede identificar cuatro colores como es el azul, verde, amarillo y rojo que conforme se va acercando al AP se tiene mejor señal teniéndose de color azul y mientras más se aleja del AP se torna de color rojo.

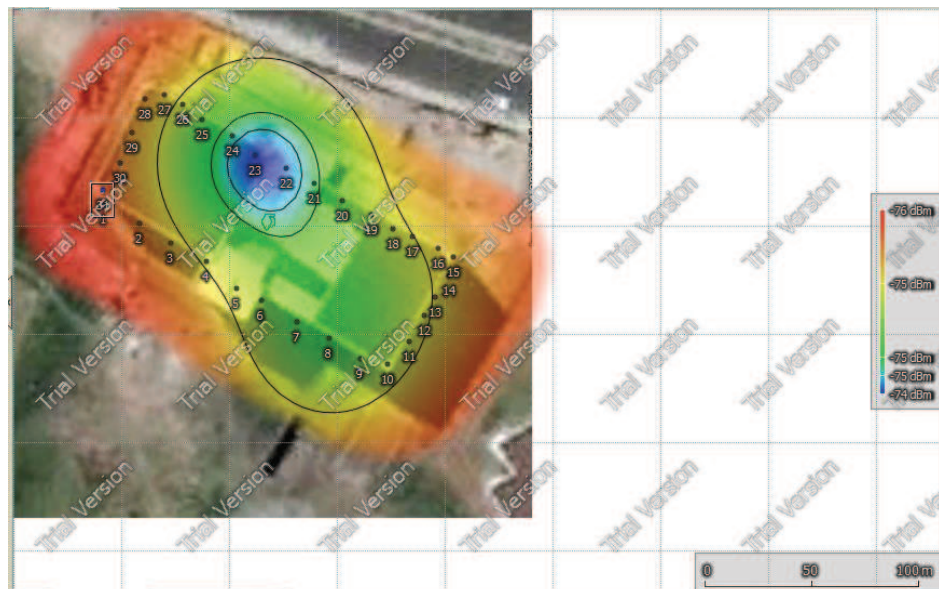


Figura 5.23 Área de cobertura UPS sur Edificio G

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

5.6.2 Fase II. Análisis de requerimientos

A continuación se describen los requerimientos:

- **Interactividad.** Los usuarios requieren que la red les brinde la facilidad de interactuar directamente con la información, accediendo a todos los servicios que el administrador les permita.
- **Confiabilidad.** Requiere un mínimo riesgo de caída de interconexión con el internet para reducir lo máximo posible la pérdida de trabajo.
- **Calidad.** Se requiere un control absoluto de la red por parte del administrador con un mantenimiento de la misma relativamente fácil sin necesidad de realizar configuraciones complicadas para solventar una posible caída de internet.
- **Flexibilidad.** La red debe estar creada de tal manera que permita un crecimiento en sus estaciones de trabajo para sus distintas áreas.
- **Seguridad.** La red debe tener un nivel mínimo de seguridad para que los paquetes enviados por el protocolo elegido no puedan ser suplantados.

5.6.3 Fase III. Diseño

El diseño de una red Mesh es una poderosa herramienta que permite a un usuario transmitir y recibir voz, datos y video dentro de un edificio, entre edificios o campus universitario e inclusive sobre áreas metropolitanas. Hay que tomar en cuenta los requisitos tecnológicos que conlleva diseñar la red.

5.6.3.1 Requerimientos de ancho de banda de la red WMNs

Para este análisis, se han tomado valores típicos de anchos de banda, de acuerdo a los servicios que se utilizaran, tal como se puede observar en la tabla 5.2. Estos valores teóricos se los utilizaran como referencia, debido a que no fue posible acceder a los monitoreos que muestren valores reales de la ocupación de la red.

Tabla 5.2 Ancho de Banda típico para servicios de datos

SERVICIO	ANCHO DE BANDA TÍPICO [KBPS]
Correo Electrónico	19.2
Transmisión de archivos	19.2
Internet	32
Redes Sociales	32
TOTAL	102.4

Fuente: (Mier & Velasquez, Ancho de Banda típico para servicios de datos, 2012)

Los valores teóricos de la tabla 5.2, serán tomados como referencia para dimensionar el ancho de banda. Antes de realizar éste cálculo, se tiene el número aproximado de personas que se encuentra en los diferentes grupos, como se puede ver en la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Número aproximado del personal

GRUPOS	CANTIDAD
Administrativo	40
Docentes	250
Alumnos	3312

Fuente: (Mier & Velasquez, Ancho de Banda típico para servicios de datos, 2012)

Adicional se debe de considerar el factor de uso/hora pico el cual se tomará como referencia el 1%, este valor permitirá tener una visión de la gran cantidad de tráfico que habrá en la red en determinadas horas picos.

Con la información obtenida se procede a calcular el ancho de banda necesario para cada grupo, aplicando la siguiente ecuación:

$$AB = \#usuarios * AB \text{ servicio} * \text{factor de uso/hora pico}$$

$$AB_{\text{Administrativo}} = 40 * 102.4Kbps * 0.01\%$$

$$AB_{\text{Administrativo}} = 40.96 \text{ Kbps} = 0.04 \text{ Mbps}$$

$$AB_{\text{Docentes}} = 250 * 102.4 \text{ Kbps} * 0.01\%$$

$$AB_{\text{Docentes}} = 256 \text{ Kbps} = 0.25 \text{ Mbps}$$

$$AB_{\text{Alumnos}} = 3312 * 102.4 \text{ Kbps} * 0.01\%$$

$$AB_{\text{Alumnos}} = 3391.488 \text{ Kbps} = 3.3 \text{ Mbps}$$

La demanda total de ancho de banda para la propuesta de red se puede observar en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Demanda Total de Ancho de Banda

GRUPOS	ANCHO DE BANDA [MBPS]
Administrativo	0.04
Docentes	0.25
Alumnos	3.3
TOTAL	3.59

Fuente: (Mier & Velasquez, Ancho de Banda típico para servicios de datos, 2012)

El valor del ancho de banda que se tiene como referencia fue tomado con los usuarios que hipotéticamente se encuentran dentro del 1% y harán uso de los servicios simultáneamente en una determinada hora pico es de 3.59 Mbps que aproximando sería equivalente a 2E1.

5.6.3.2 Criterios para la planificación de frecuencias de la red WMNs

La utilización de diferentes frecuencias en la red WMNs es un factor importante que debemos tomar en cuenta para ya que permite optimizar el requerimiento de la red a planificar.

Las frecuencias que se utilizarán en el prototipo para la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur es en la banda 2,4 GHz para los clientes, la cual permite utilizar de 11 a 14 canales según la regulación de cada país en la banda de 5 GHz para la parte de backbone el que permitirá armar la columna vertebral de la red Mesh.

5.6.3.3 Equipos para redes WMNs

Un nodo Mesh puede ser cualquier equipo de computación, desde laptops hasta equipos sofisticados y costosos. Con visión al futuro dispositivos móviles, los cuales serán capaces de convertirse en nodos Mesh. A continuación se analizara algunos tipos de hardware MESH para redes inalámbricas.

5.6.3.3.1 Equipos comunes para redes WMNs

- **EZMESH**

Es un equipo fiable, inteligente, de alto rendimiento para red Mesh, proporcionando a los usuarios una red confiable, flexible y al mismo tiempo mejora la productividad en toda la red aumentando la seguridad y disminuyendo costos. Teletronics ofrece un equipo con tecnología inalámbrica de malla con Plug-n-Play que es fácil de instalar y permite a los proveedores de servicios inalámbricos obtener redes inalámbricas independientemente de las áreas geográficas. También puede soportar alto ancho de banda y baja latencia de las aplicaciones en tiempo real como vídeo y audio.

Es predecible en tiempo real camino óptimo o POP, es el algoritmo de enrutamiento que crea el EZMESH, examina la red y hace las conexiones apropiadas entre los puntos de acceso en tiempo real. Ofrece una red de alto rendimiento de malla mediante un diseño de no bloqueo y no injerencia de los clientes y el tráfico de backhaul. En el aire libre su arquitectura es multi-radio y multicanal elimina la interferencia de la señal inalámbrica y los problemas de tráfico que existen conflictos en muchas redes de malla distintas. (Teletronics International Inc, 2011)

La interfaz de gestión permite tanto a los usuarios profesionales y no técnicos para manejar fácilmente la gestión de la red y las tareas de mantenimiento para el EZMESH. Permite el monitoreo de los nodos, el flujo de tráfico y los registros de eventos.

- **MOTOMESH Duo**

Motorola presenta MOTOMESH Duo, que es una solución poderosa de última generación para redes Mesh de radios duales, con un alto rendimiento, diseñada para cumplir con estrictos criterios fiabilidad y coste por kilómetro cuadrado o ROI. MOTOMESH Duo es un punto de acceso WiFi-Mesh con soporte para conectividad 802.11 a/b/g y radio dual 2,4 / 5,4 GHz.

Las redes MOTOMESH Duo se pueden utilizar cualquier combinación de clusters de radios únicas o duales. La opción de radio única es ideal para las implementaciones de redes donde es primordial que la cobertura y el servicio sean de bajo costo.

La configuración de radio dual brinda mejor rendimiento y prestaciones de atenuación de interferencias, con un tiempo de transferencia menor que la versión de radio única. También ofrece servicios escalables y rentables de banda ancha inalámbrica a usuarios residenciales, empresas y municipios. Soporte de calidad de servicio y da prioridad a los tipos de tráfico y las VLANs individuales. Esta capacidad convierte en una solución muy útil en redes Mesh ya que ofrece priorización de voz y video especializado para el operador y que proporciona sólidas aplicaciones inalámbricas de Voz sobre IP y streaming de video.

- **MIKROTIK 411AH**

Mikrotik RouterOS es un sistema operativo y software con el que se convierte a un PC o una placa Mikrotik RouterBOARD en un router dedicado. Realiza todo lo que un router propietario por un coste muy inferior, brindando flexibilidad de actualización, facilidad en la administración y mantenimiento. 411AH incluye RouterOS, el mejor sistema operativo, el cual transforma esta potente tarjeta en un sofisticado router/firewall o bandwidth manager, tal como se puede observar características en la tabla 5.5.

Especificaciones:

Tabla 5.5 Especificaciones Mikrotik

CPU	Procesador de Red Atheros AR7161 680MHz
Memoria	64MB DDR SDRAM
Gestor de Arranque	RouterBOOT
Almacenamiento de Datos	64 MB de memoria integrada en el chip NAND
Ethernet	1 Puertos 10/100 Mbit/s con Auto-MDI/X
miniPCI	1 Slots MiniPCI Type IIIA/IIIB
Extras	Reset switch, Beeper
Puerto Serial	1 DB9 RS232C asíncrono
LEDs	Power, NAND, 5 user LEDs
Power	Power over Ethernet: 10.28V DC (except power over datalines). Power jack: 10. 28V DC. Voltage monitor.
Dimensiones	10.5 cm x 10.5 cm Weight: 82 g (2.9 oz)
Potencia	~3W without extension cards, maximum – 25 W, 16W output to cards
Sistema Operativo	MikroTik RouterOS v3, Level4 license

Fuente: (RouterBOARD)

5.6.3.3.2 Equipos específicos para la red WMNs en Universidad Politécnica Salesiana

Campus Sur

5.6.3.3.2.1 Estación cliente

En las redes de comunicación inalámbricas los sistemas instalados pueden clasificarse según la función que cumplen como:

- Estación Repetidora
- Estación Cliente

En la red se encuentran instalados ambos tipos, las estaciones repetidoras se encuentran instaladas en torres ventadas u otro tipo de infraestructura y las estaciones clientes se encuentran instalados en el edificio o lugar donde se ubican los usuarios.

5.6.3.3.2.1.1 Antenas

La antena Ubiquiti Networks AirMax 2,4 GHz 2x2 MIMO Sector

Estación Base Antena, modelo AM-2G16-90, está diseñada para integrarse perfectamente con el hardware AirMax de Ubiquiti Rocket para aplicaciones de estaciones base de gran alcance. Con gran cross-pol isolation, ganancia, ancho de haz patrones y rendimiento adyacente ruido de frecuencia de atenuación. Utiliza el protocolo estándar Wi-Fi AirMaxUnlike, Acceso Ubiquiti Time Division Multiple AirMax (TDMA) protocolo permite a cada cliente para enviar y recibir datos utilizando previamente designados intervalos de tiempo programados por un controlador inteligente AP.



Figura 5.24 Antena Ubiquiti AirMAX 2.4GHz Sectors

Fuente: (DoubleRadius, 2012)

Una de las características fundamentales de una antena es la capacidad de radiar en una dirección del espacio, es decir, para concentrar la energía radiada en ciertas direcciones del espacio como se puede observar en la figura 5.25.

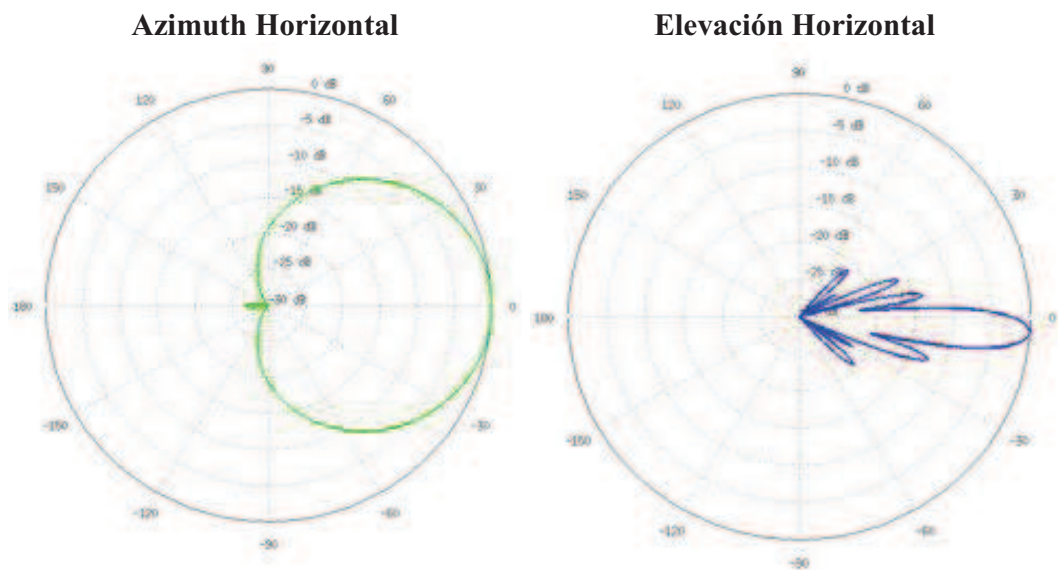


Figura 5.25 Patrones de antena RF

Fuente: (DoubleRadius, 2012)

El método "time slot", elimina las colisiones del nodo oculto y maximiza la eficiencia del aire del tiempo. Proporciona muchas magnitudes de las mejoras de rendimiento en latencia, el rendimiento y la escalabilidad en comparación con todos los otros sistemas al aire libre en su clase.

Características:

- **QoS:** Se da prioridad a la voz / vídeo para el acceso adecuado.
- **Escalabilidad:** Alta capacidad y escalabilidad.
- **Larga Distancia:** Capaz de enlaces de alta velocidad.
- **Latencia:** Múltiples características reducen drásticamente el ruido.

Especificaciones:

Tabla 5.6 Especificaciones AIRMAX AM-2G16-90

Rango de Frecuencias	2.3-2.7GHz
Ganancia	16.0-17.0dBi
Polarización	Dual Linear
Cross-pol Isolation	28dB min
Max VSWR	1.5:1
Haz Pol Horizontal (6dB)	91°
Haz Pol. Vertical (6dB)	90°
Haz en elevación	9 deg.
Electrical Downtilt	4 deg.
Especificación ETSI	EN 302 326 DN2
Dimensiones	700x145x79mm
Peso	3.9kg
Carga al viento	160 kmph

Fuente: (ubiquitiworks, 2012)

5.6.3.4 Diseño de la red WMNs con Radio Mobile

Con el estudio de campo se ha podido divisar las condiciones reales en las que se puede implementar y poner en marcha una red WMNs tomando en cuenta los aspectos: condiciones climáticas, condiciones técnicas, topología del terreno, accesos a nodos donde se instalaran las bases, determinando si existe o no línea de vista entre las bases que conforman el backbone.

Creación de la red

Para el estudio se utilizará dos sistemas:

- **Sistema Backbone.-** Para la columna vertebral de la red Mesh la cual trabajará en una frecuencia de 5 GHZ.
- **Sistema Backhaul.-** Para el enlace de acceso a los clientes el cual está en la frecuencia de 2.4 GHZ.

Para empezar con el diseño de los enlaces lo primero que se realizara es descargar el mapa

geográfico de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, en donde se ubicará un punto central (latitud y longitud) aproximado del mapa a descargar.



Figura 5.26 Mapa UPS – Sur

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Abrir el simulador Radio Mobile, en la barra de menú en la opción archivo se selecciona la opción propiedades del mapa y en la ventana que se despliega se ingresa los datos que se aparece en la figura 5.26, luego hacer clic en el botón extraer e inmediatamente el mapa se empieza a descargar desde Internet.

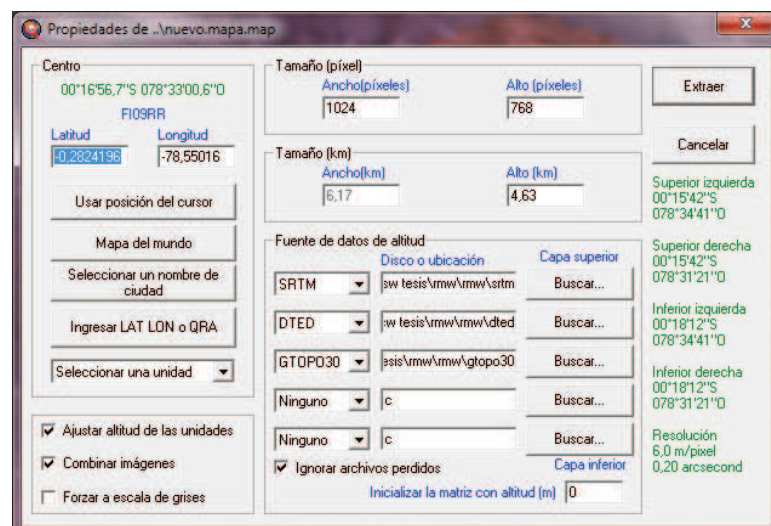


Figura 5.27 Propiedades de Mapa en Radio Mobile

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez


Para obtener la posición geográfica en donde se ubicara cada antena, se requirió de la ayuda de la aplicación Ulysse Gizmos y por medio de un celular inteligente se registró los datos que se puede ver en la tabla 5.7:

Tabla 5.7 Ubicación de las unidades

Edificio	Latitud	Longitud
Edif. Nuevo	0°16'53,8" S	78°32'57,8" O
Edif. Ingles	0°17'00,6" S	78°33'01,9" O
Parqueadero	0°16'54,5" S	78°33'01,7" O
Cisco	0°16'57,0" S	78°33'03,8" O
Edif. Principal	0°16'56,1" S	78°32'59,4" O

Fuente: (Mier & Velasquez, Ubicación de las unidades, 2013)

Con los datos obtenidos realizamos lo siguiente:

En el Radio Mobile se hace clic sobre el icono de unidades  y aparece la figura 5.27, en donde se puede cambiar el nombre a los nodos e ingresar latitud y longitud.

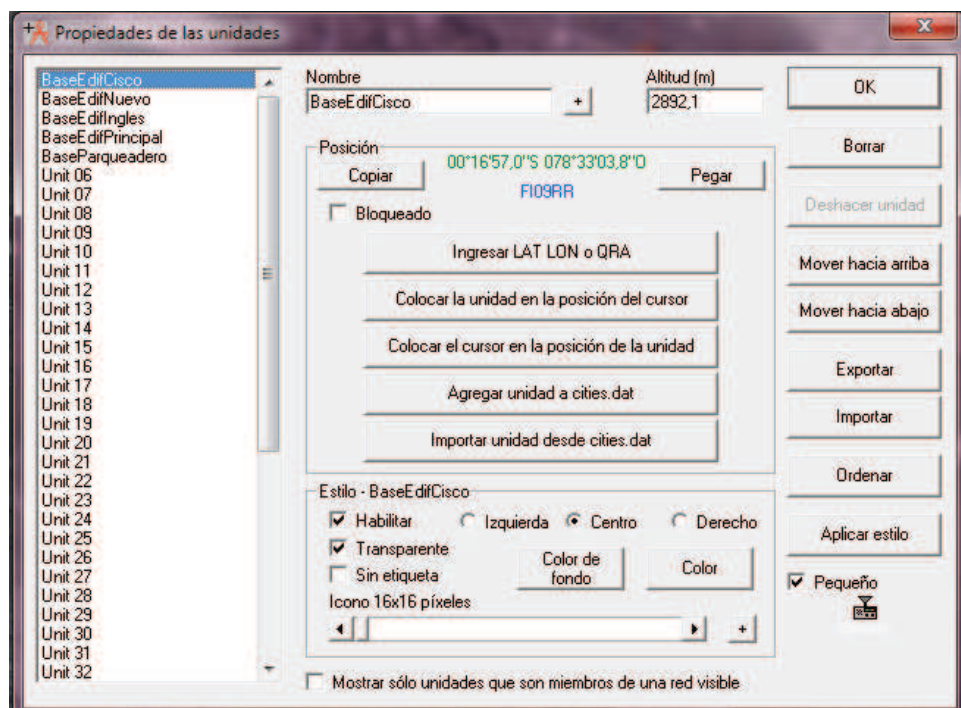
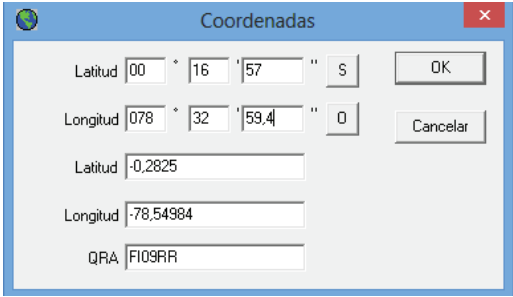


Figura 5.28 Radio Mobile Ingreso de Unidades

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

En la opción  se ingresa los valores obtenidos en la tabla 5.7.



La imagen muestra una ventana de diálogo titulada "Coordenadas" con un icono de globo terráqueo y botones de "OK" y "Cancelar". El formulario contiene los siguientes campos:

Etiqueta	Valor
Latitud	00 ° 16 ' 57 " S
Longitud	078 ° 32 ' 59.4 " O
Latitud	-0.2825
Longitud	-78.54984
QRA	F109RR

Figura 5.29 Coordenadas de la Base Cisco

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Cuando ya ha ingresado las coordenadas el Radio Mobile calcula automáticamente la Elevación, de la misma manera que se coloca las unidades para la primera base se deberá colocar las unidades para las demás bases.


Luego de cargar las unidades de cada base y si las unidades tienen exactamente las mismas coordenadas, estas se sobrepondrán en el mapa tal como se visualiza en la figura 5.30.



Figura 5.30 Unidades

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Creación de los sistemas

Ya ubicadas las bases se empezara a crear los sistemas, para esto hay que poner el tipo de red que se realizara el cálculo así como la frecuencia y los valores de la antena para que el cálculo sea lo más aproximado. Se selecciona las propiedades de red . Lo primero que se debe hacer es seleccionar una red y renombrarla para poder identificar que red se está enlazando, los parámetros de propagación que se estableció son:

- **Frecuencia máxima y mínima:** Es la frecuencia media como entrada al modelo de propagación, en este caso se utilizó como mínima 2400 MHz y como máxima 5000 MHz.
- **Polarización vertical u horizontal:** Los equipos reales se van encontrar en polarización vertical.
- **Refractividad de la superficie:** 301
- **Conductividad del suelo:** 0,005
- **Permitividad relativa del suelo:** 15
- **Modo de variabilidad:** En el modo Intento el programa hace un único intento para enviar un mensaje en la simulación.
El efecto de los porcentajes en situaciones es del 60%.
- **Pérdidas adicionales:** Es el porcentaje pérdida en la ciudad del 10%.
- **Tipo de clima:** Continental templado.

En la figura 5.31 se observa los parámetros configurados.

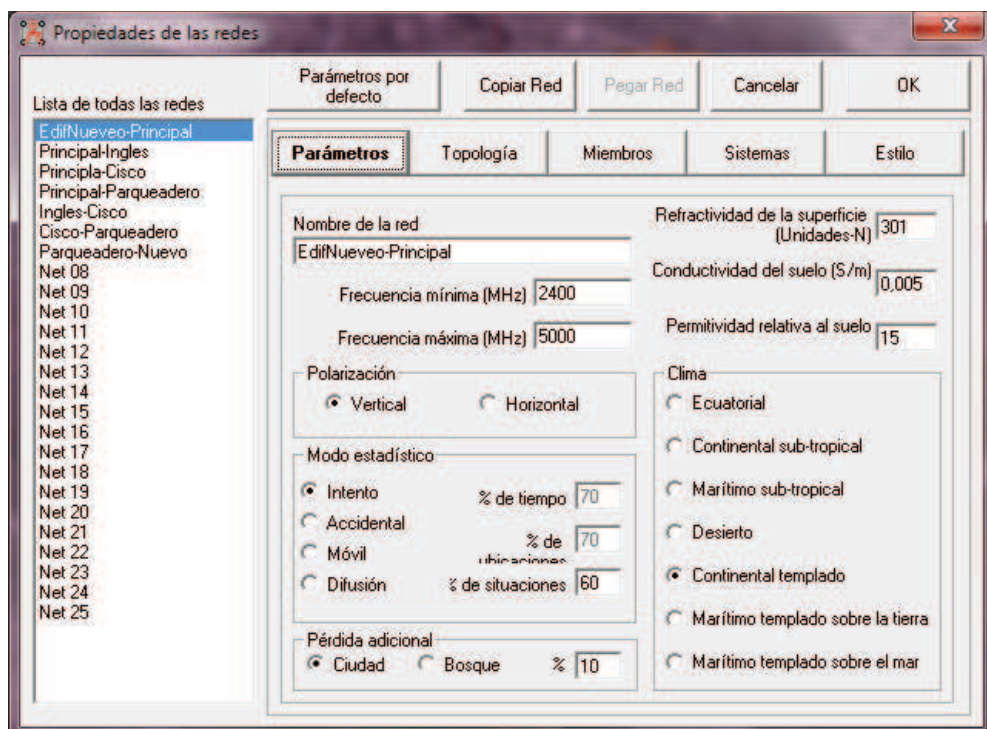


Figura 5.31 Parámetros de las Propiedades de Red

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Una vez configurado los parámetros de la red se selecciona el apartado **Topología**, donde se marca la casilla de **Visible** para muestre la red en el dibujo del mapa.

Adicional se marca en la casilla **Red de datos, cluster (Nodo/Terminal)** y que esta opción permite que las redes de datos con nodos que pueden retransmitir datagramas, tal como se puede ver en la figura 5.32.

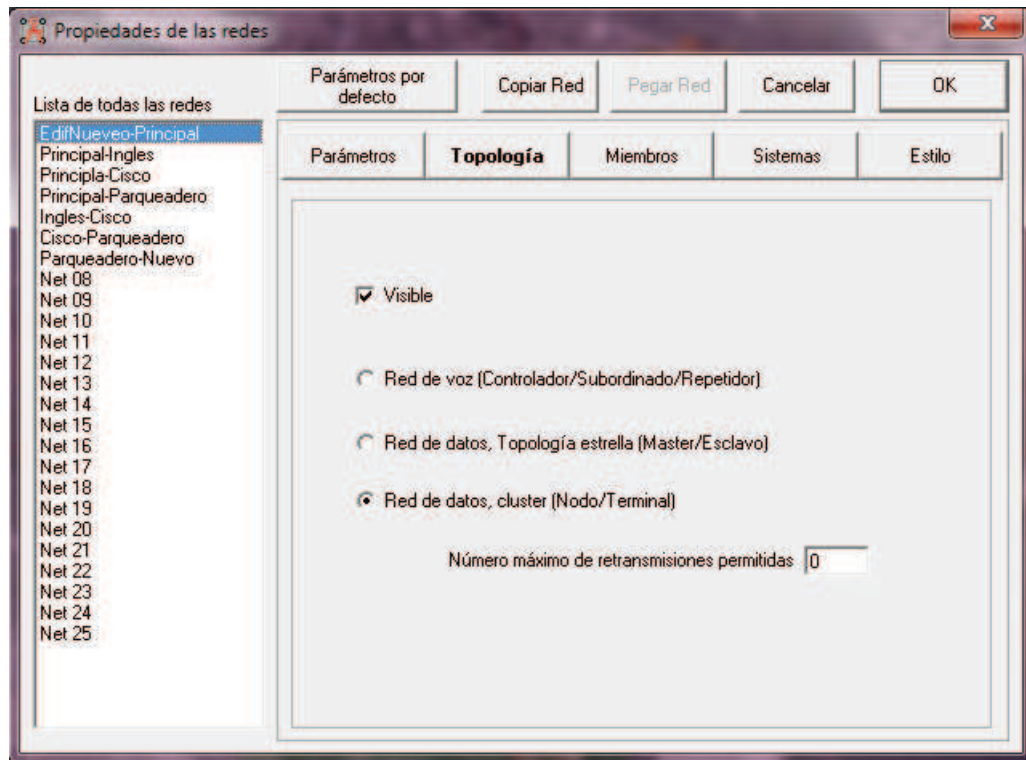


Figura 5.32 Topología de las Propiedades de Red

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Con esta opción de **Miembros** se determina las estaciones que pertenecerán a cada una de las redes o subredes configuradas, se marca cada una de las estaciones que se consideren dentro de la red.

En **Rol** se determina el papel de cada una de las estaciones ya que puede ser MAESTRO o ESCLAVO, tal como se observa en la figura 5.33.

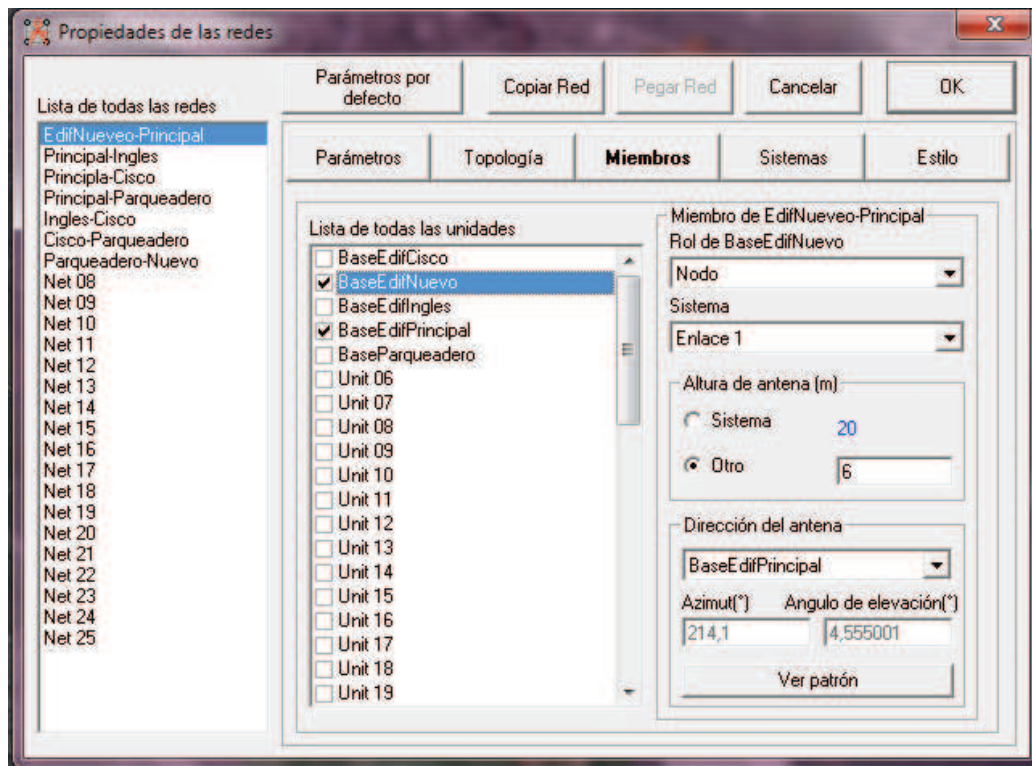


Figura 5.33 Miembros de las Propiedades de Red

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

En el apartado de **Sistemas**, se determinara las características de cada una de las estaciones de la siguiente manera:

- **Nombre de sistema:** Se nombrar al sistema en este caso Enlace 1.
- **Potencia del transmisor:** Es la potencia emitida por el equipo es de 27dBm.
- **Umbral del receptor:** La sensibilidad del equipo receptor es de 0.75μV.
- **Perdida de la línea:** Son las pérdidas asociadas, por el cable coaxial que conecta la tarjeta con la antena, los conectores, pigtails, etc. Las pérdidas so de 1dB.
- **Tipo de antena:** Se seleccionó la antena sectorial de 120° para simular un arreglo de antenas.
- **Ganancia de la antena:** La ganancia de la antena del equipo transmisor-receptor es de 16dBi.
- **Altura de la antena:** Se tomó en cuenta el promedio de los edificios de 4m de altura por cada piso y más la altura del mástil de 6m.

- **Perdida adicional cable:** Las pérdidas extra asociadas a la altura de la antena de 0.5dB/m.

En la figura 5.34 se observa los parámetros configurados.

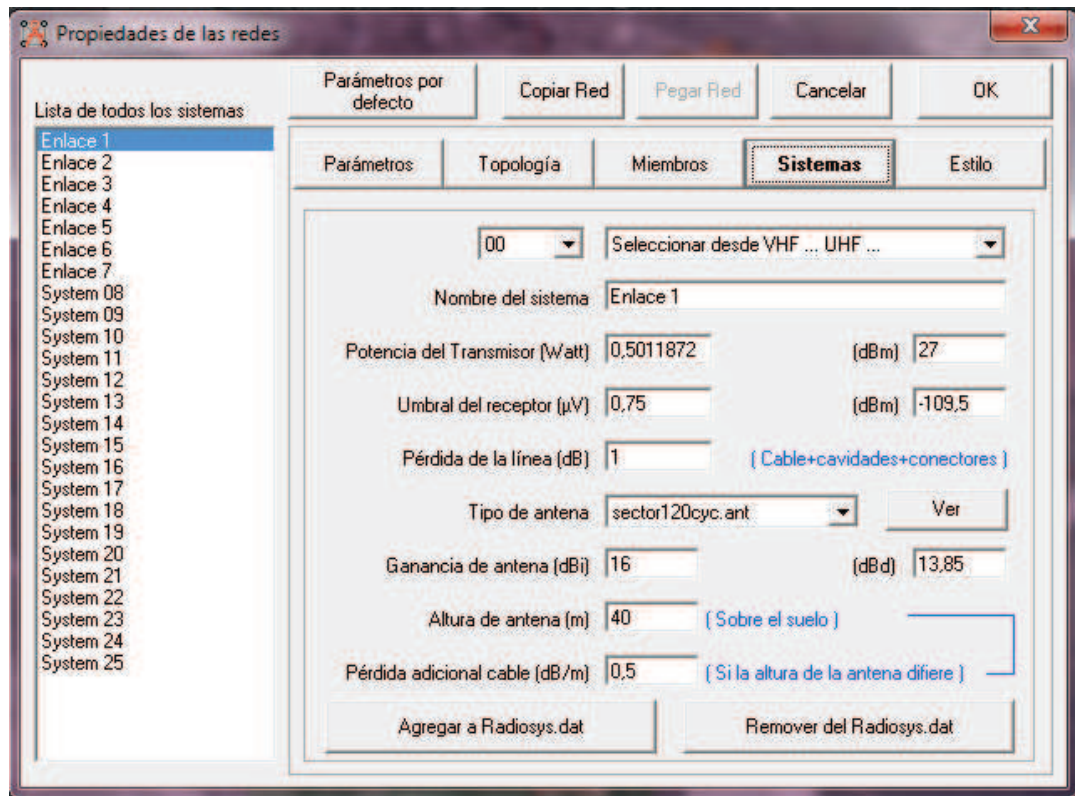


Figura 5.34 Sistemas de las Propiedades de Red

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Análisis de los enlaces de radio

Radio Mobile permite establecer la distancia desde un punto a otro, así como también permite visualizar el estado del enlace para la utilización de la opción dar clic en el icono



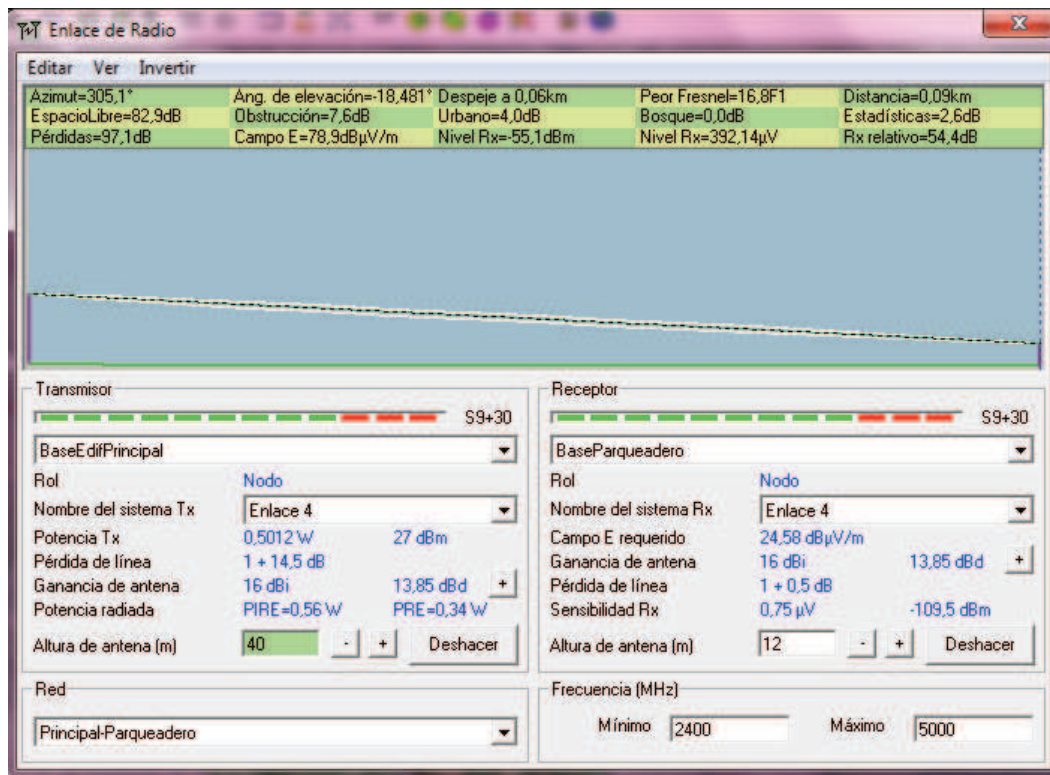


Figura 5.35 Radio Enlace BaseEdifPrincipal – BaseParqueadero

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Como se puede observar en la figura 5.35 se presentan todos los resultados del enlace:

En la fila superior se presentan los resultados radio eléctricos de propagación: azimuth con que está orientada la antena de BaseEdifPrincipal a BaseParqueadero de 305.1°, pérdidas de espacio libre 82.9dB, distancia del enlace 0.09Km, peor ángulo de Fresnel para este enlace es de 16.8F1 pero uno de los valores más importantes es el **Nivel RX en dBm**, cuanto menor sea mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es que se encuentre entre -40 y -80 dBm. En este enlace tenemos -55.1dBm por lo que el enlace si está apto.

Y por último se utilizara la herramienta Radio Coverage permite dibujar el área de cobertura de la red Mesh.

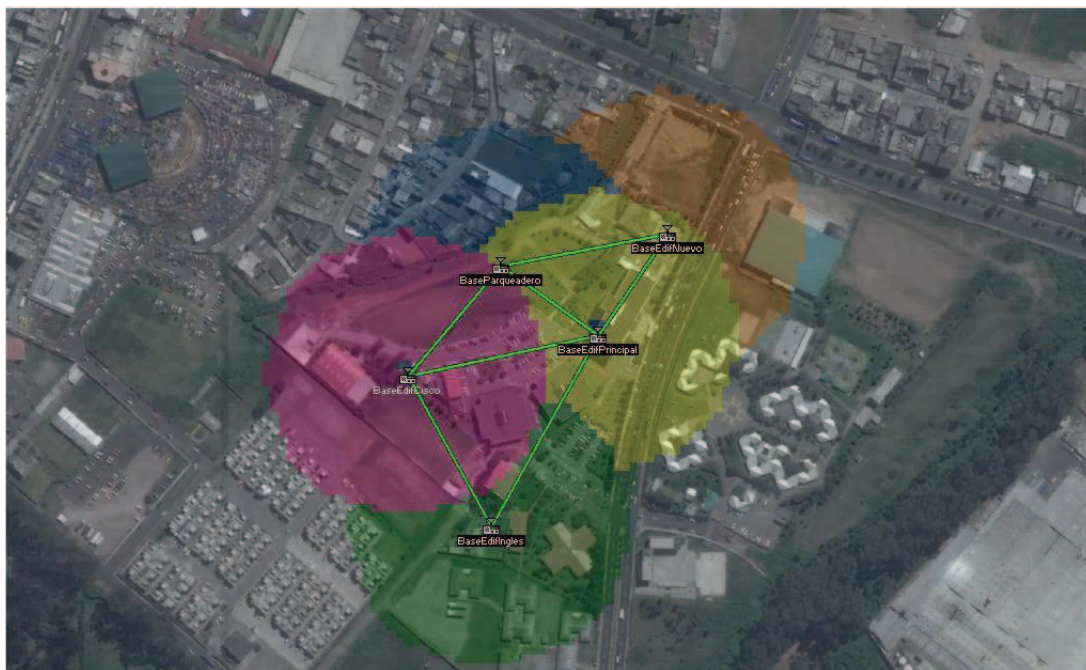


Figura 5.27 Enlace Mesh UPS – SUR

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

5.6.3.4.1 Aplicaciones de control y monitoreo

Las herramientas que se utilizarán para control y monitoreo del prototipo de red Mesh son las siguientes:

- **The Dude**

The Dude es una aplicación gratis de Mikrotik que puede mejorar la forma de gestionar su entorno de red. Se explorará automáticamente todos los dispositivos dentro de subredes especificadas, controlar los servicios de sus dispositivos y que le avise en caso de que algún servicio tenga problemas.

Características:

- Detecta cualquier tipo o marca del dispositivo
- Incluye iconos para dispositivos y es compatible con los iconos personalizados y fondos
- Le permite dibujar sus propios mapas personalizados y añadir dispositivos

- Soporta SNMP, monitoreo ICMP, DNS y TCP para los dispositivos que lo soportan
- Acceso directo a las herramientas de control remoto para la administración de dispositivos
- Soporta servidor remoto Dude y cliente local
- Se ejecuta en entorno Linux, MacOS y Windows

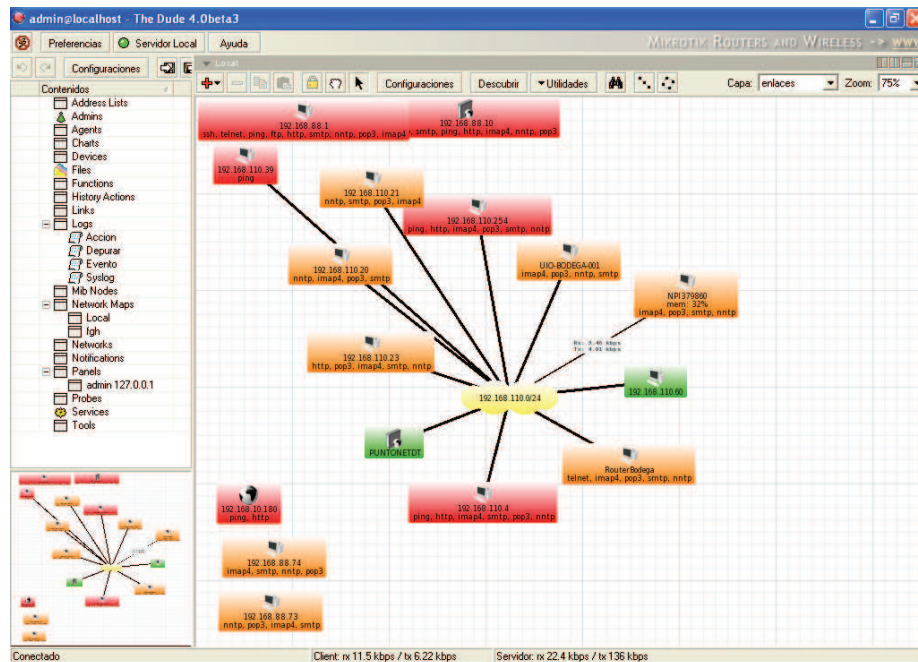


Figura 5.28 Dude

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

• Winbox

La consola Winbox se utiliza para acceder a la configuración del router Mikrotik y características de gestión, mediante la interfaz gráfica de usuario (GUI).

Todas las funciones de la interfaz Winbox están tan cerca como sea posible a la consola funciones: todas las funciones Winbox están exactamente en la misma jerarquía en la consola de Terminal y viceversa.

Los plugins Winbox se almacenan en caché en el disco local para cada versión de

Mikrotik RouterOS. Los plugins no se descargan, si se encuentran en la memoria caché, y el router no se ha actualizado desde la última vez que se ha accedido. (MikroTik, s.f.)

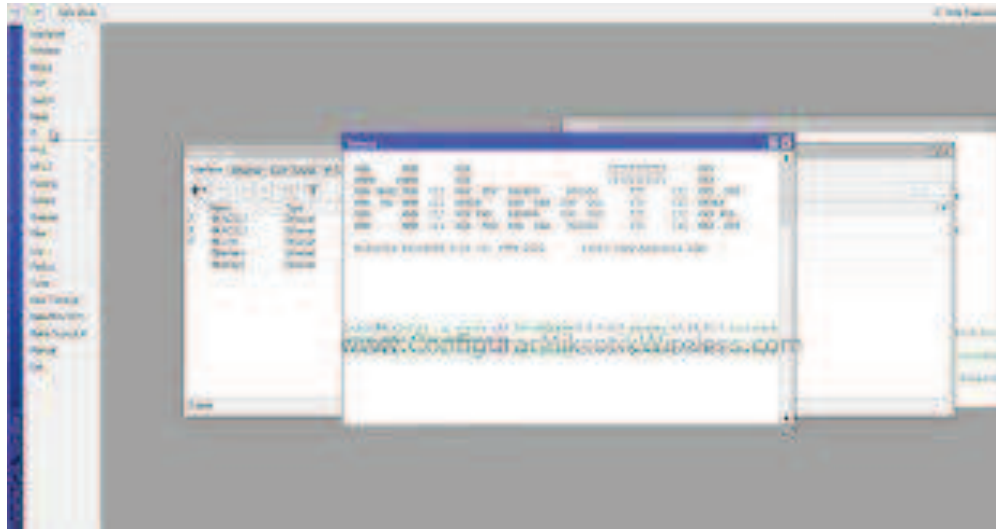


Figura 5.29 Winbox

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- **Covera Zone**

Covera Zone es una encuesta de redes Wi-Fi y software de mapeo de cobertura. Diseñado para maximizar la productividad, permite a los ingenieros de red para recoger fácilmente la radio y los parámetros IP de rendimiento con el fin de visualizar el estándar 802.11a/b/g/n Alcance inalámbrico LAN. (Covera, 2013)

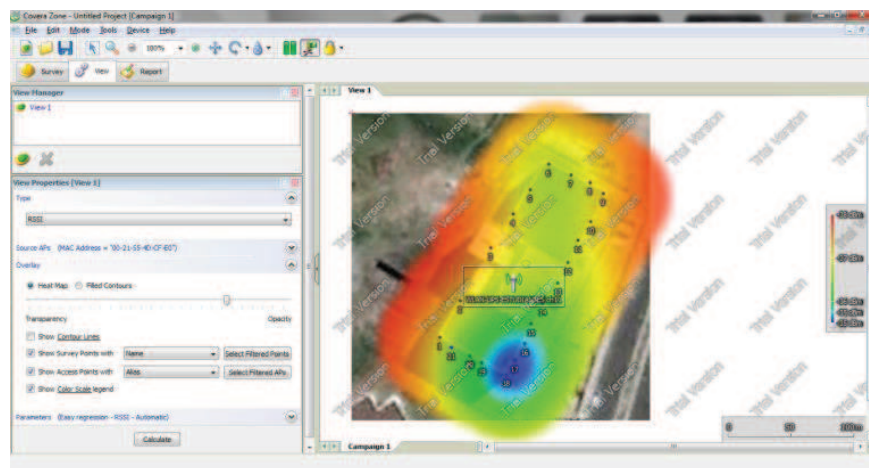


Figura 5.30 Cover Zone

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- **Wifi Analyzer**

Wifi Analyzer es una herramienta que te permitirá utilizar tu teléfono inteligente Android para analizar la señal de los diferentes puntos de acceso Wi-Fi. Wifi Analyzer es capaz de generar gráficas de intensidad para cada señal disponible, medir intensidades concretas en tiempo real, conocer la banda en la que trabaja cada punto de acceso, conocer el tipo de seguridad que utiliza, entre otras posibilidades. (Wifi Analyzer, 2013)

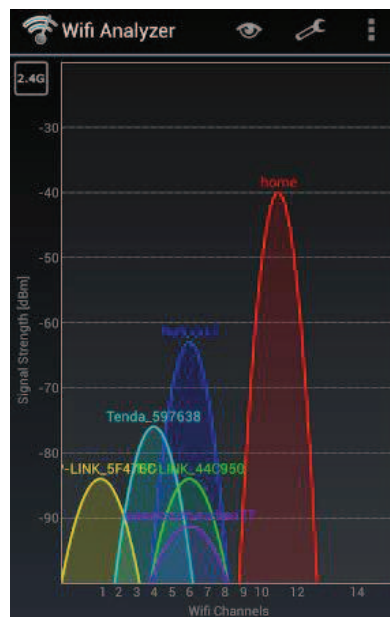


Figura 5.31 Wifi Analyzer

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

5.6.3.5 Configuración de red prototipo

1. Descargar el programa wimbox de la página <http://www.mikrotik.com/download>

Useful tools and utilities

Winbox	Configuration tool for RouterOS
Netinstall	RouterOS Installation tool
v3.30 mipsle	All packages for version 3.30 mipsle
The Dude	Network monitor tool
Wireless link calculator	Wireless link probability calculator
Trafr	Traffic sniffer reader for Linux distributions
BTest	Bandwidth test tool for Windows
Neighbour	Neighbour viewer for Windows
Drivers	RouterBOARD wireless card drivers
Archive	See more tools in the Mikrotik Download archive

Figura 5.32 Descarga

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

2. En los equipos Mikrotik viene precargado el SO mipsbe 4.17 llamado Big Endian que sirven únicamente para RB400, se procede a realizar la actualización a la última versión 5.22
- Ingresar a la página de Mikrotik
 - Dar clic en **mipsbe** y descargar la versión **V5.22** en el caso de los RB400 y RB700 series que vamos a utilizar



Figura 5.33 Actualización

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

3. Abrir el programa **wimbox**, verificar que se conecte y le reconozca al RouterBOARD

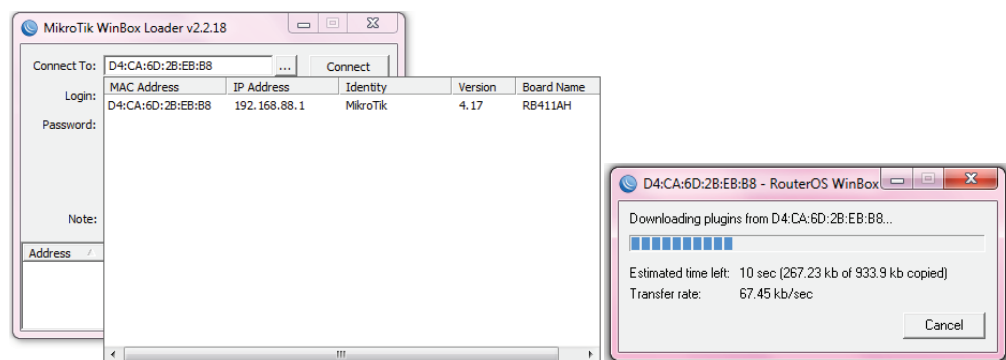


Figura 5.34 Carga de winbox

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

4. Arrastrar la actualización dentro de la administración del equipo

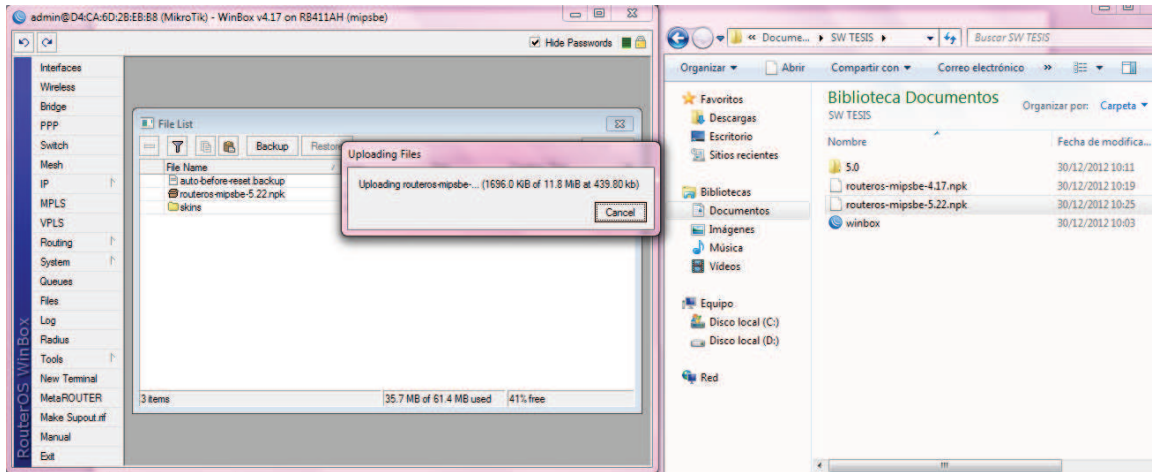


Figura 5.35 Actualización 411AH

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

5. Se procede a realizar el upgrade, para que coja los cambios de la nueva actualización se digita el comando **system reboot** en la opción **new terminal**

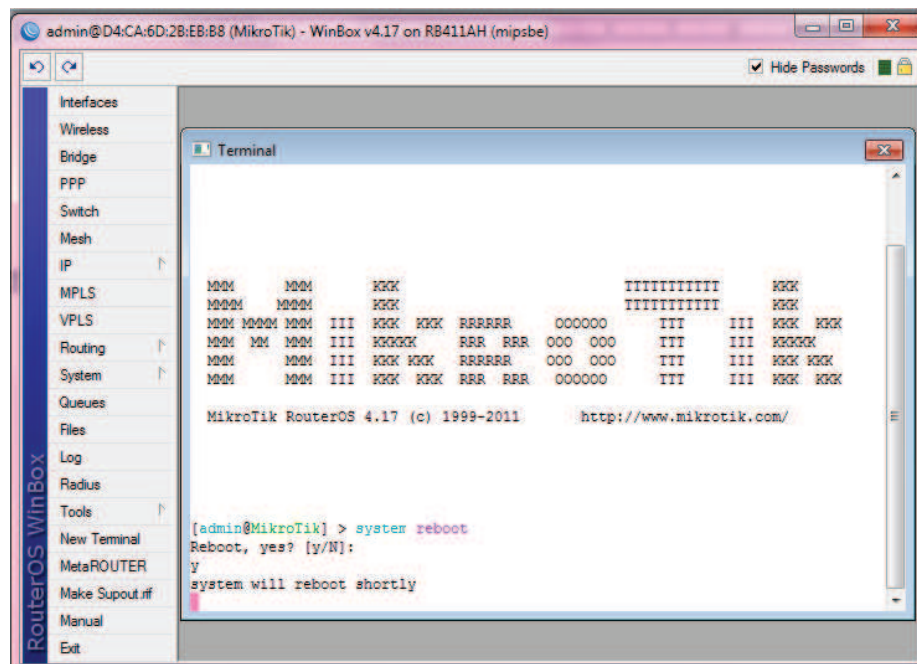


Figura 5.36 Reinicio

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

6. Se crea un identificador a cada base en la opción: **System / Identity**

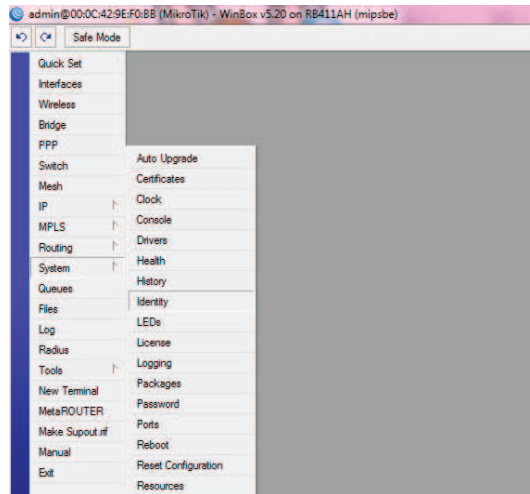


Figura 5.37 Identificador

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

- Agrega el nombre de las bases para identificar a cada uno

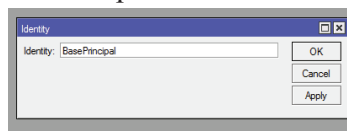


Figura 5.38 Nombre del equipo

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

7. Se procede ir a la opción de **Wireless** para la configuración de la interfaz del equipo para la red Mesh

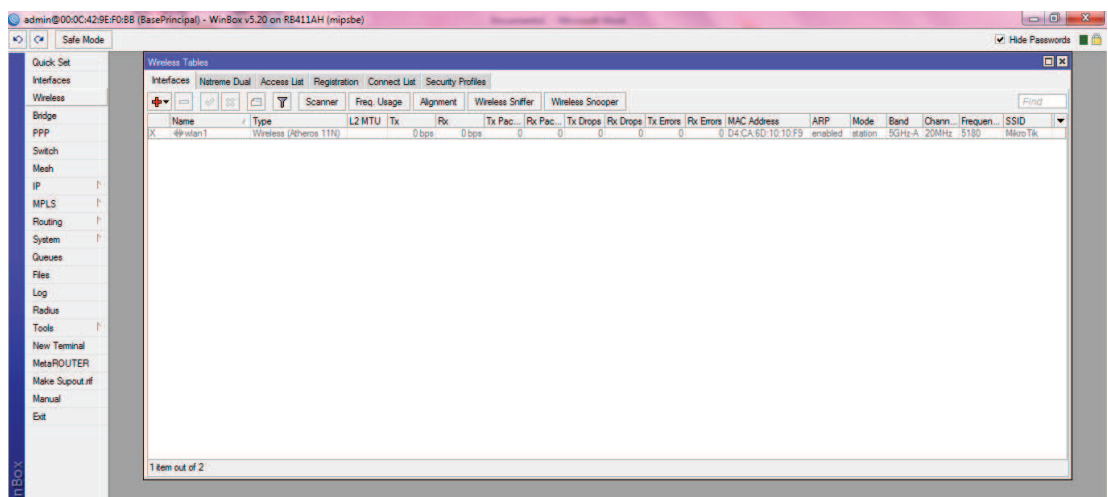


Figura 5.39 Configuración Interfaz

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

8. Dar doble clic en el interfaz wlan 1 en donde se configura el Backhaul de la base principal, en la pestaña Wireless y se coloca los siguientes parámetros:

Modo: ap bridge

Band: 2GHz-B/G/N

Frecuency: 2412

SSID: MeshBackhaul

Todas estas configuraciones son similares para el resto de equipos que se utiliza para la red Mesh

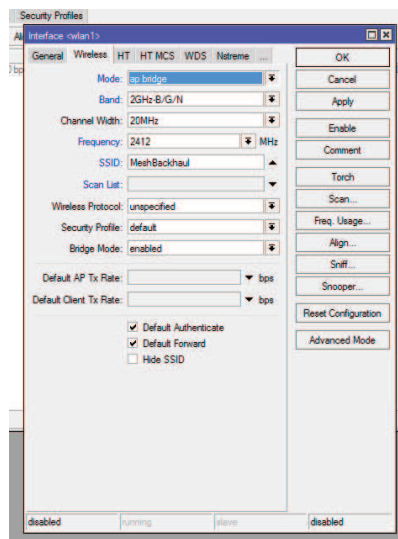


Figura 5.40 Parámetros inalámbrica

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

9. En la pestaña WDS se configurara lo siguiente:

WDS Mode: static mesh

WDS Default Bridge: none

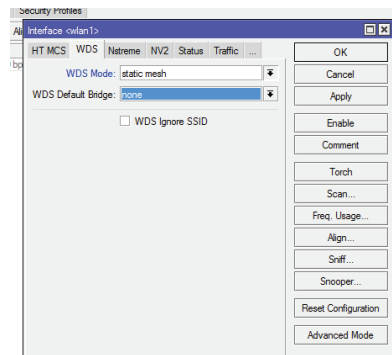


Figura 5.41 Pestaña WDS

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

10. Procedemos activar la interfaz WLAN 1 dando clic en el icono

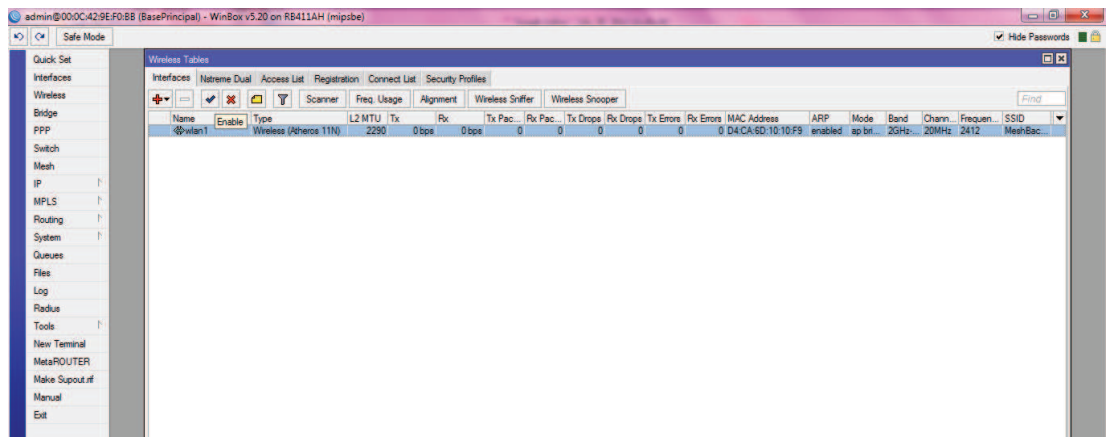


Figura 5.42 Activación interfaz inalámbrica

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

11. Se configurara la interfaz inalámbrica del equipo desplegando las opciones existentes

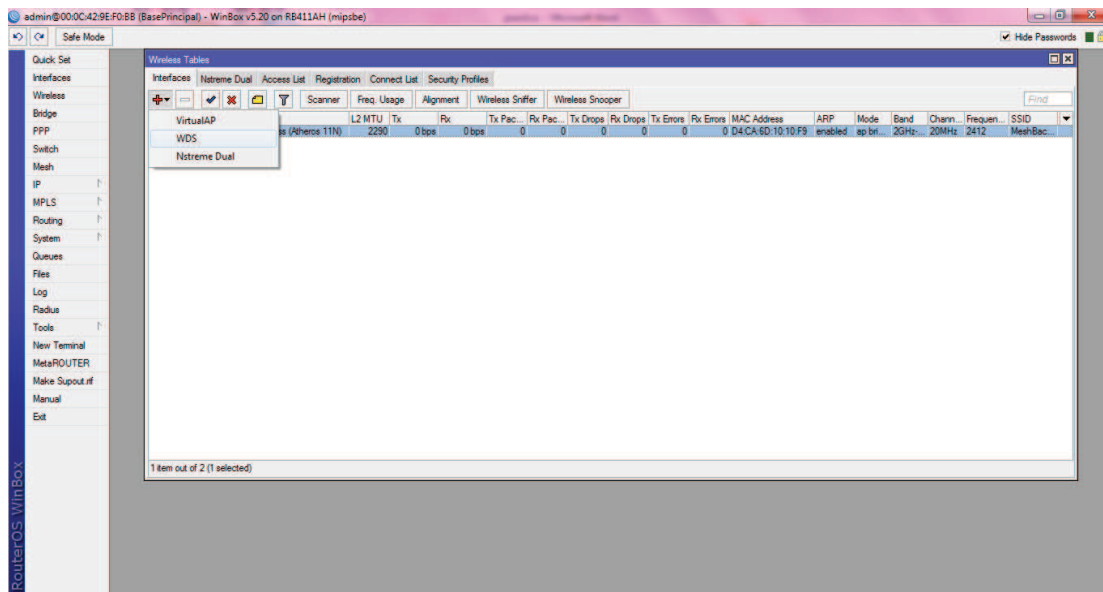


Figura 5.43 Opciones inalámbrica

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

12. Se crea un identificador de la red inalámbrica para que se puedan ver entre equipos de la red Mesh

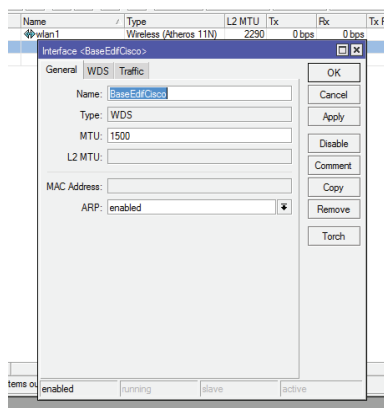


Figura 5.44 Pestaña general inalámbrica

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

13. En la pestaña WDS se pone la MAC de interfaz inalámbrica de los equipos vecinos

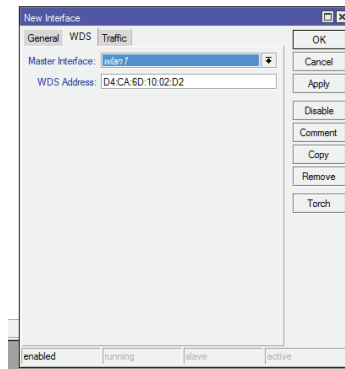


Figura 5.45 Pestaña WDS

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

14. Una vez colocado las MAC de los equipos vecinos se desplegara debajo de la interfaz inalámbrica con el identificador que se creo

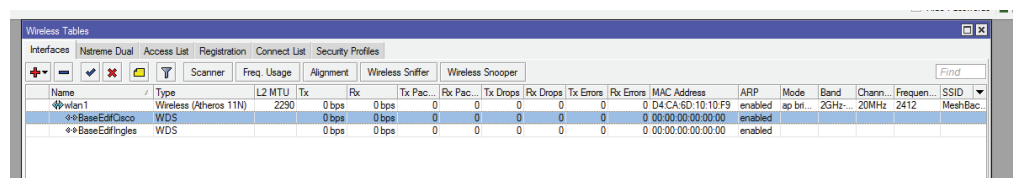


Figura 5.46 Vecinos Mesh

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

15. Se realiza la creación de la interfaz Mesh con los siguientes pasos
Dar clic en el menú Mesh agregar una nueva interfaz

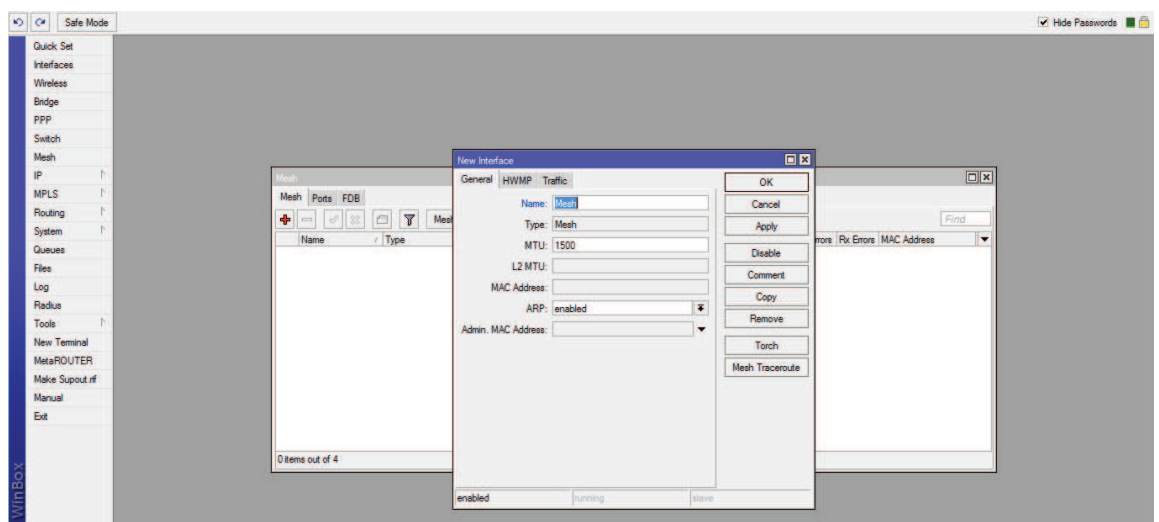


Figura 5.47 Creación Mesh

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

16. En la pestaña **Ports** se agrega la interfaz inalámbrica más las interfaces que se crearon pertenecientes a la red Mesh

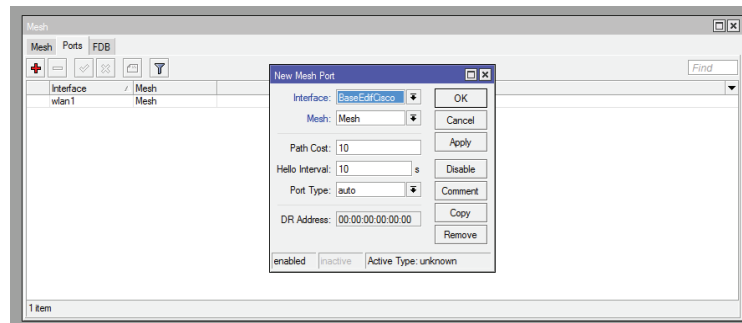


Figura 5.48 Pestaña de puertos

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Una vez agregado todas las interfaces se tendrá de la siguiente manera, estos pasos se deberá realizar en los demás equipos

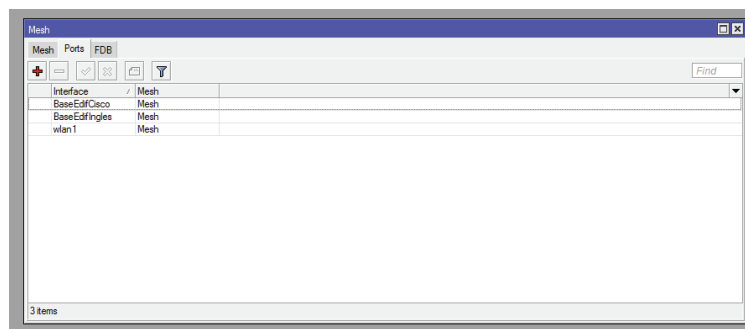


Figura 5.49 Configuración de puertos

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

17. Se procede a colocar la IP a la interfaz Ethernet e interfaz Mesh en el menú **IP/Address**

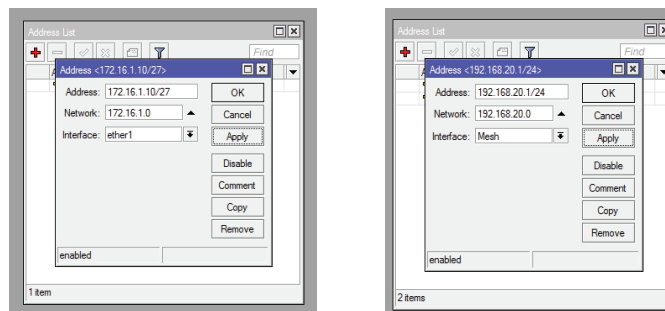


Figura 5.50 Ingreso de dirección IP

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

18. Se coloca la puerta de enlace en la opción **IP / routes**

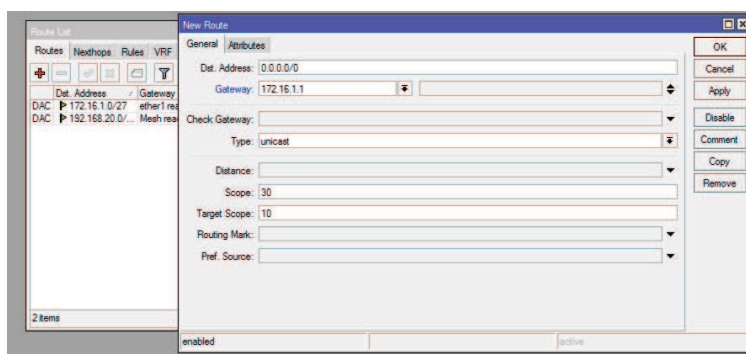


Figura 5.51 Ingreso puerta de enlace

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

19. Se asigna DHCP a la interfaz Mesh en la opción **IP/DHCP Server** que servirá al momento que los usuarios se conecten a la red

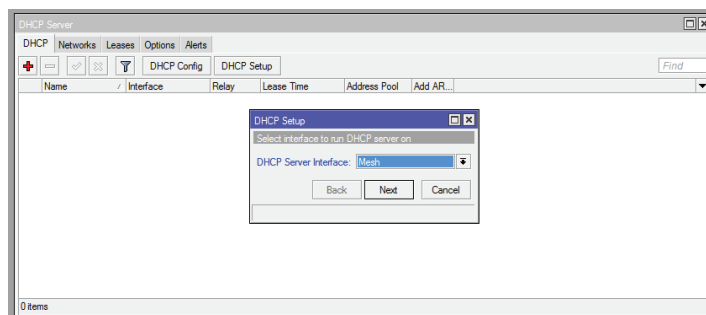


Figura 5.52 Asignación DHCP

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

20. Se realiza el NAT a la ip pública en la opción **IP/Firewall**

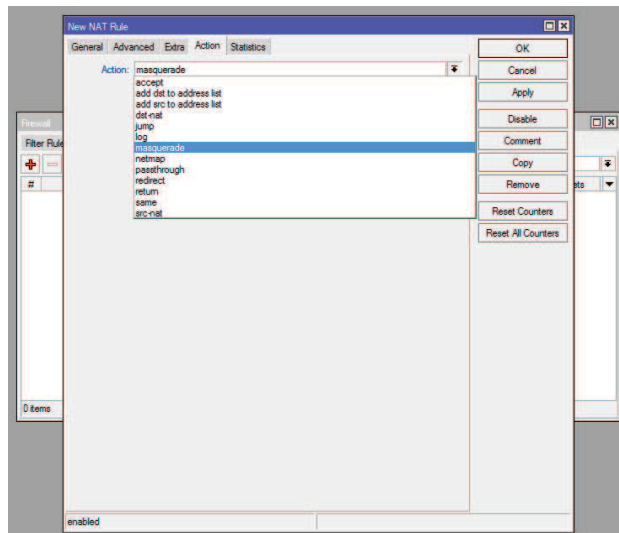


Figura 5.53 NAT del equipo

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

21. Se crea hotspot en el menú, con los siguientes parámetros:

Name: hotspot1

Interface: bridge1

Address Pool: dhcp_pool1

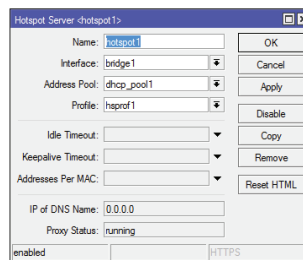


Figura 5.54 Parámetros HotSpot

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

22. Asignamos una IP al equipo RouterBOARD que servirá como Hotspot

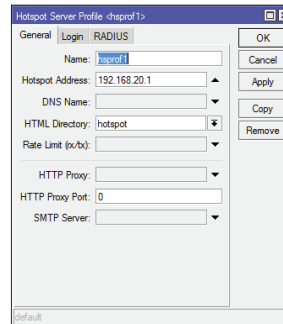


Figura 5.55 Ingreso IP equipo HotSpot

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

23. Se crea perfiles de usuarios que se conectaran al Hotspot, dándoles aquí un nombre de perfil, contraseña que se asigna a cada perfil

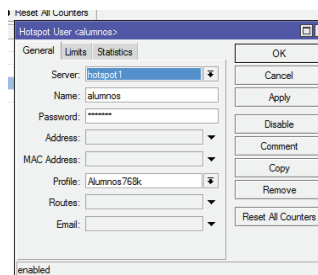


Figura 5.56 Perfiles de usuarios

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

24. Una vez creado todos los usuarios se presenta de la siguiente manera

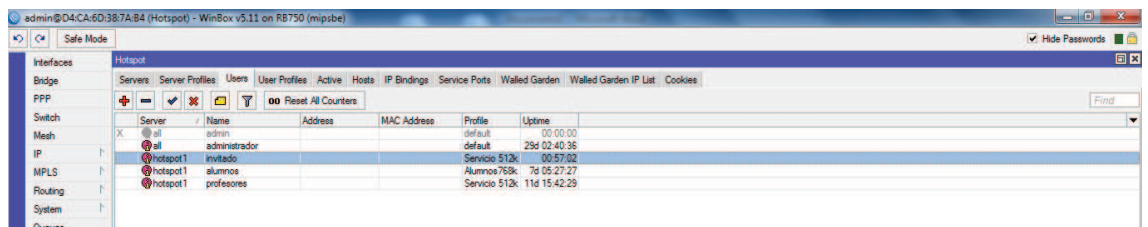


Figura 5.57 Creación de usuarios

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

25. Para cada perfil se le asigna un determinado ancho de banda y un tiempo de acceso

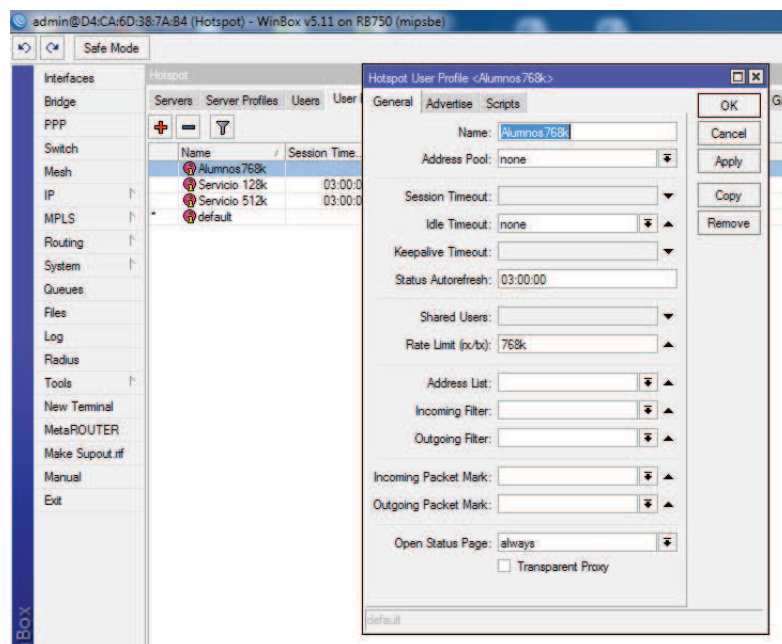


Figura 5.58 Asignación de usuarios

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

26. Para crear una nueva cola ir a la opción **Queues**, en las opciones se escoge cuanta carga se puede pasar tanto de descarga y carga en una determinada interfaz o una dirección IP, se agrega esta regla cuantas veces se necesite o sea necesario.

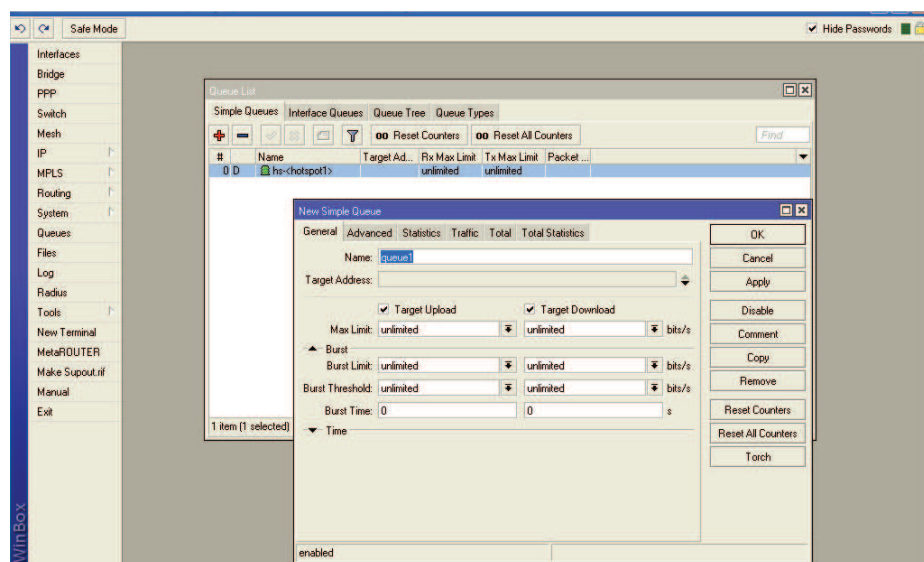


Figura 5.59 Creación de colas

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

27. Para la configuración de VRRP ir a la opción: **interfaces/VRRP**

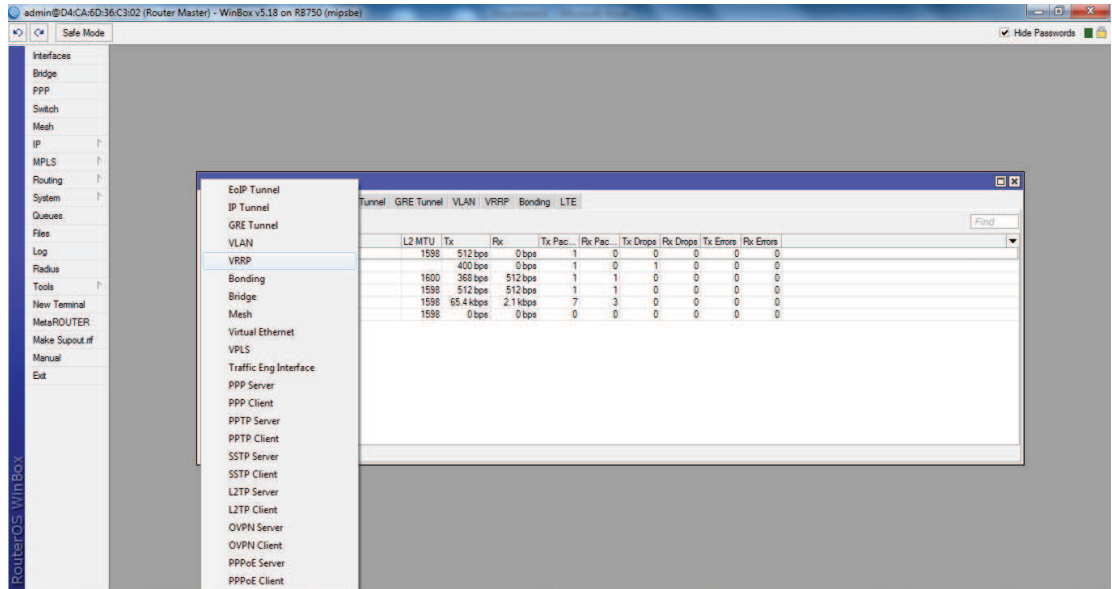


Figura 5.60 VRRP

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

28. Se asigna un nombre a la interfaz VRRP y la prioridad en este caso debe ser mayor para el router maestro

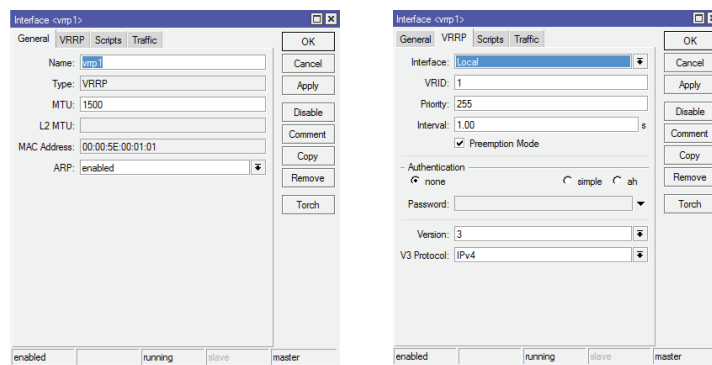


Figura 5.61 Interfaz VRRP

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

29. Se asigna la IP a la interfaz vrrp del RouterBOARD maestro sirviendo como Gateway, agregando además las ip's de los dos proveedores de internet.

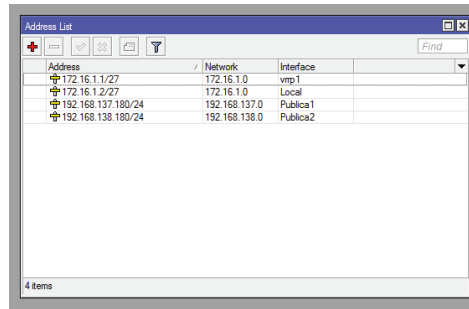


Figura 5.62 Asignación de IP al VRRP

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

30. Para la configuración del RouterBOARD esclavo se seguirá los pasos anteriores, creando una interfaz vrrp dándole una prioridad menor a la del maestro.

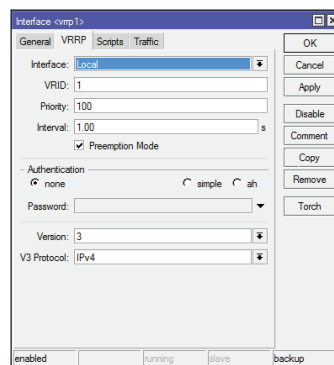


Figura 5.63 VRRP esclavo

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

31. Se asigna además las ip's tanto a la interfaz vrrp esclavo y las ip's de los proveedores de internet.

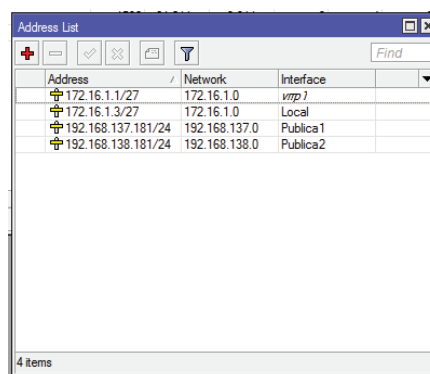


Figura 5.64 Asignación de IP

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

5.6.4 Fase IV. Prototipo y pruebas

Router maestro

Se revisa las interfaz estén registradas y presentan con sus respectiva IP.

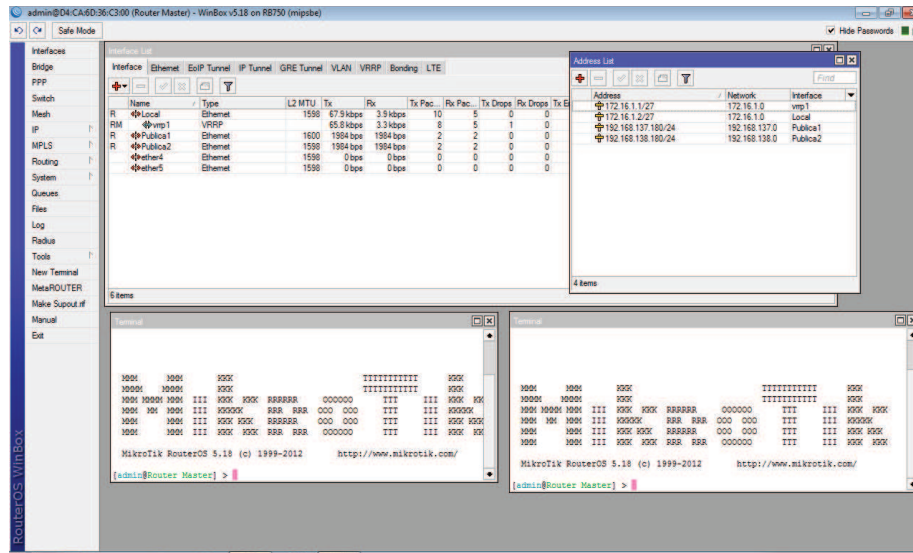


Figura 5.65 Revisión de interfaz

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Se procede a la revisión por consola del equipo Mikrotik las rutas que posee.

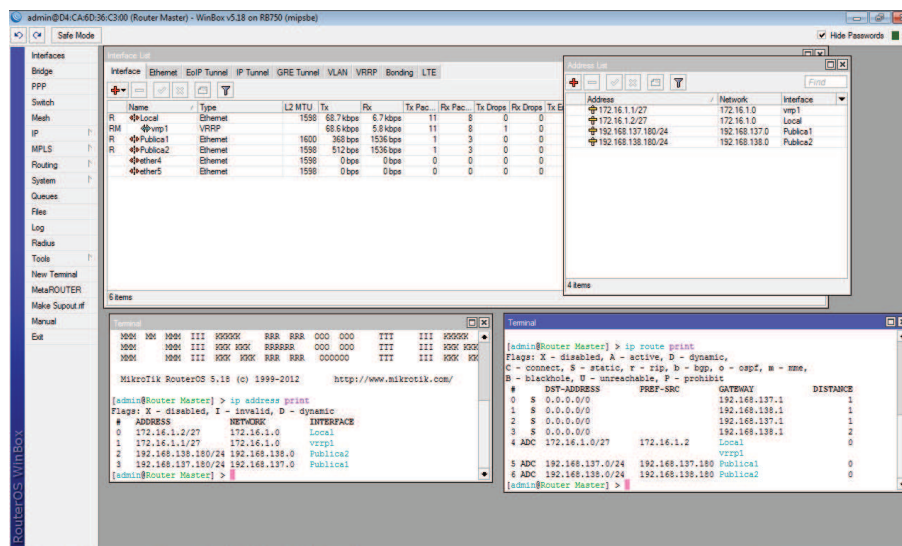


Figura 5.66 Revisión de rutas

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Para comprobar primero se da ping a la propia interfaz del router.

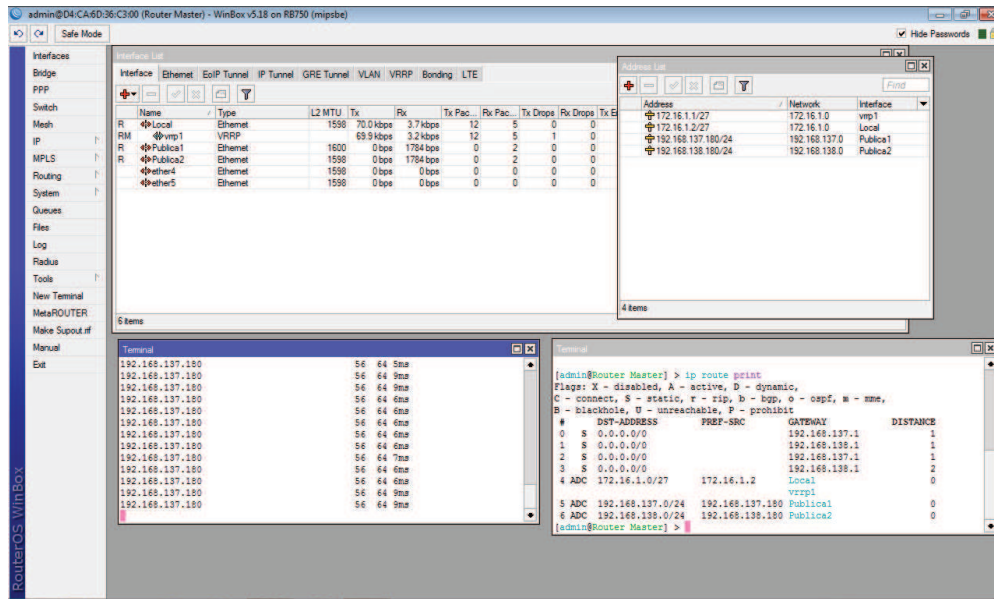


Figura 5.67 Pruebas con ping

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Ahora se da ping al Gateway del proveedor 1

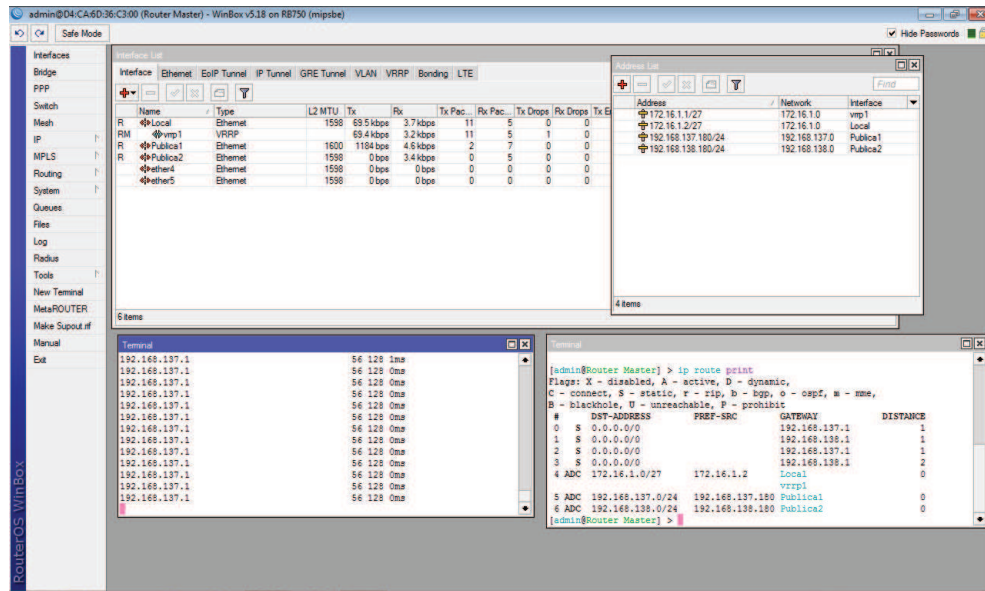


Figura 5.68 Pruebas de ping al gateway

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Finalmente se da ping a la interfaz que se utiliza para el vrrp

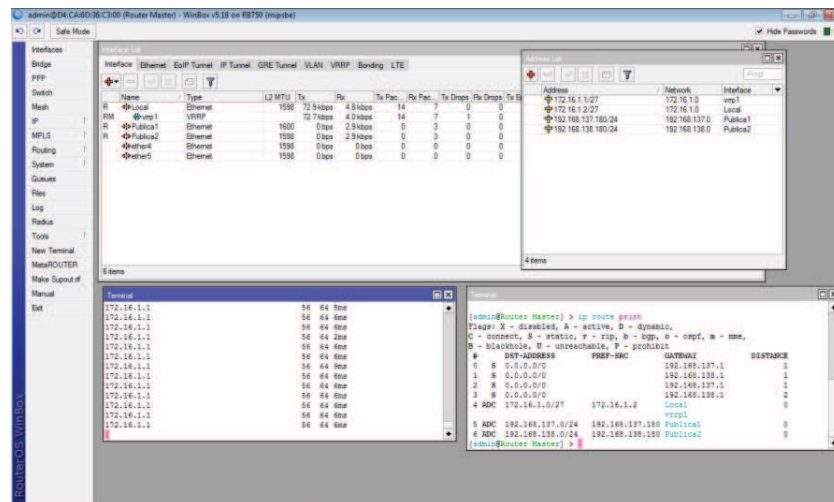


Figura 5.69 Pruebas de ping interfaz VRRP

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Hotspot

Se revisa que estén los puertos registrados con sus respectivas IP y hacemos ping a la interfaz Ethernet propia.

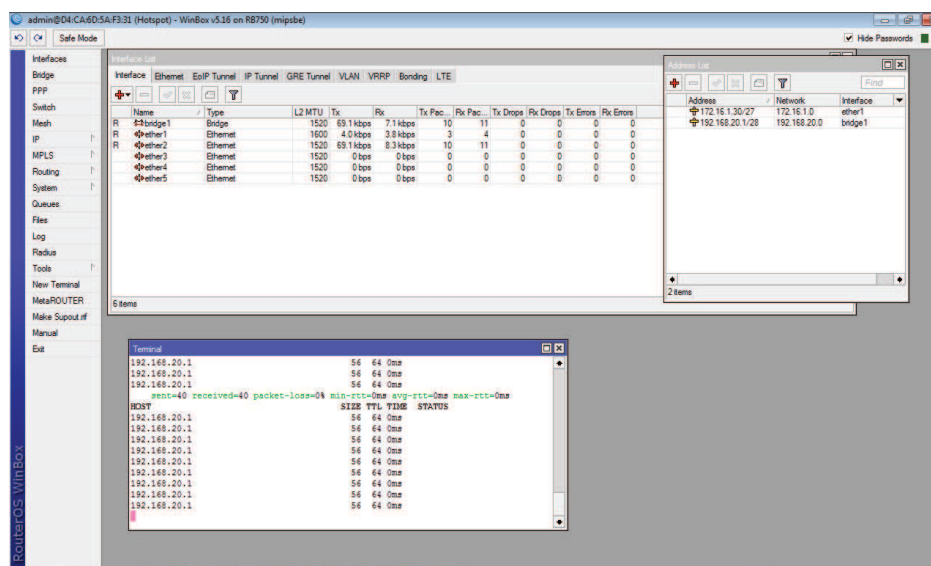


Figura 5.70 Revisión de interfaz

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Se procede a dar ping a la interfaz que del wrpp para comprobar que se está comunicando.

Y finalmente se da ping al Gateway de un proveedor de internet.

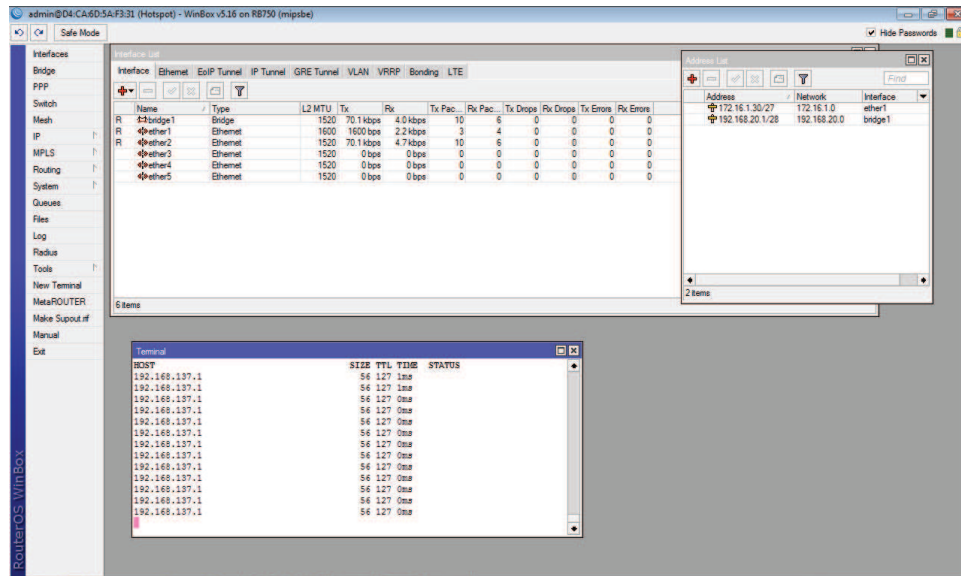


Figura 5.73 Prueba de ping al gateway

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Tráfico

Dentro del equipo que sirve como Hotspot podemos revisar cada interfaz el tráfico que está cursando por medio de la interfaz gráfica que nos da el propio equipo Mikrotik.

En la figura 5. Se diferencia dos colores en azul que representa que porcentaje de tráfico está enviando en esa interfaz y el color rojo que es el porcentaje de tráfico que está recibiendo por la interfaz que se desea observar.

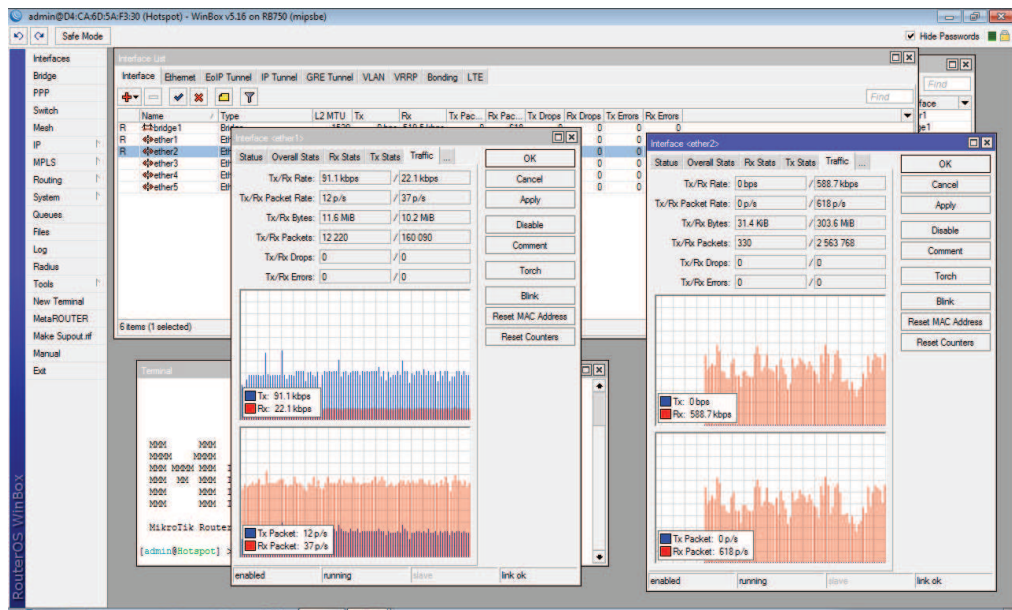


Figura 5.74 Pruebas de tráfico

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Se podrá observar también que host con la ip que se le asignado el nombre de la maquina se han unido a la red Mesh.

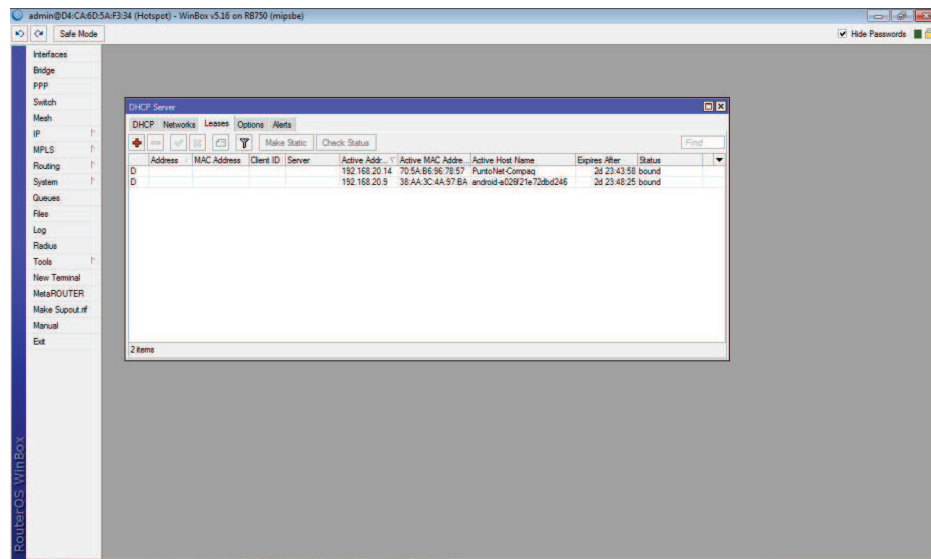


Figura 5.75 Usuarios activos

Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Prueba usuario

En la pc del usuario se da ping tanto al Hotspot como a una IP al mundo

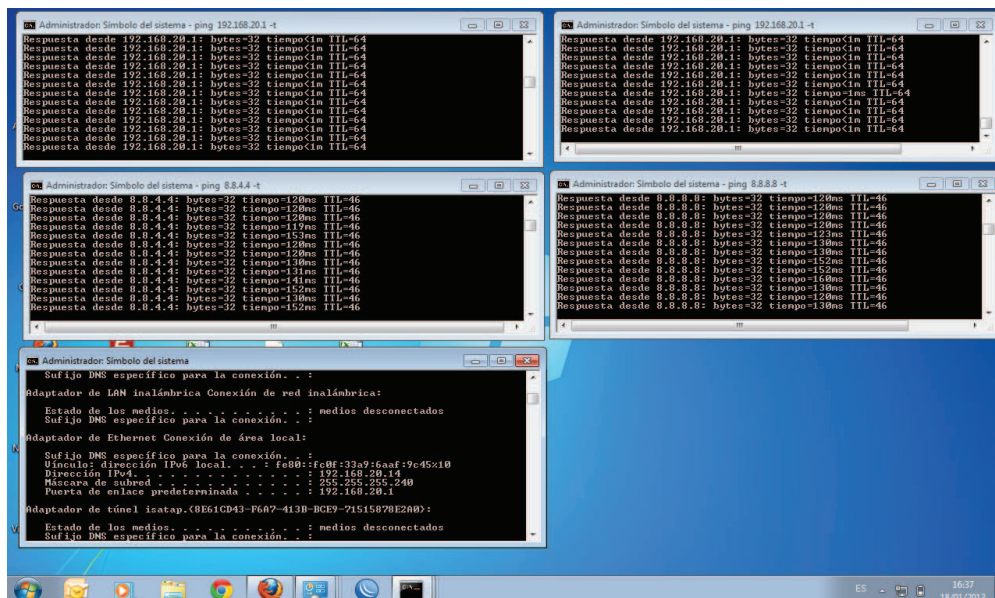


Figura 5.76 Prueba de Ping desde el usuario
Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

Para comprobar el vrrp se desconecta el router maestro y comienza a funcionar el esclavo se puede ver que se corta por un instante el ping pero enseguida vuelve a subir.

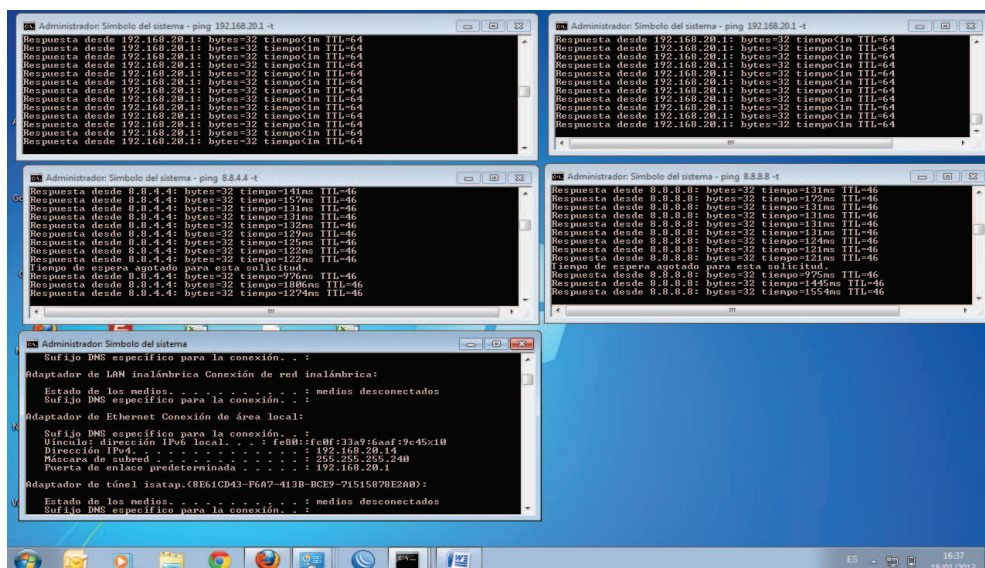


Figura 5.77 Prueba de Ping desde el usuario
Elaborado por: Dennisse Mier y Santiago Velásquez

5.7 Análisis comparativo de equipos Mesh

5.7.1 Perspectiva técnica y económica

La solución Mesh para redes inalámbricas ha sido diseñada para brindar accesos de alta velocidad, flexibilidad y alcance, se ha escogido tres marcas que cumplen con estos requerimientos.

- Motorola con su solución **Moto Mesh Dúo**, se ha diseñado para brindar a los proveedores de redes de acceso flexibles y cumpliendo con los objetivos que requieren los clientes como son entre ellos el uso de QoS, brindando excelentes características pero con costos sumamente elevados.
- **Teletronics** brinda a los usuarios una red confiable, flexible y efectiva, cuenta con seguridades y también QoS, mantiene un costo promedio pero es cerrado en su hardware lo que no permite el personalizar de acuerdo a nuestros requerimientos por lo tanto pueden desperdiciarse recursos.
- **Mikrotik**, de igual forma que los otros equipos permite un enlace en malla inalámbrica punto a punto o punto multipunto detectando automáticamente sus nodos vecinos y su interconexión, ya que es basado bajo un Kernel de Linux es de alta compatibilidad con equipos inalámbricos Wi-Fi, puede establecer la conexión con nuevos nodos que accedan a su red Mesh, en la parte de hardware se permite personalizar las radios pudiendo incrementar o cambiar tarjetas de radio frecuencia de 2.4 y 5 GHz logrando de esta manera dar flexibilidad a los requerimientos del cliente y a la vez disminuir los costos hacia el cliente.

En la siguiente tabla se presentan características importantes las cuales fueron una base para establecer el equipo más apropiado para la implementación de la red Mesh, en base a estas características y el costo que es fundamental para toda implementación de red, se determinó que el equipo más apropiado es el Mikrotik ya que presenta costos bastantes accesibles.

Figura 5.8 Características de equipos Mesh

Características	Moto Mesh Dúo	Ez Mesh	Mikrotik
Capacidad de interconexión dual	x	x	x
Seguridad WEP WAP	x	x	x
Red Confiable y Segura	x	x	x
Compatibilidad con otros equipos	x	x	x
Administración Web		x	x
Administración gráfica y remota	x		x
Configuración Vía Aérea	x		x
Software de Administración Gratis			x
HotSpot			x
Tunneling L2TP PPPTP PPPOE			x
Administración de Ancho de Banda	x	x	x
Historial de tráfico por cliente			x
DHCP client/server			x
Planificación Automatizada del diseño de la Red	x		x
Personalizar el equipo			x

Fuente: (shlomifish, s.f.)

- La marca **Mikrotik** nos permite el poder personalizar las radios de acuerdo a nuestros requerimientos, es decir armar una radio con partes y piezas que consideremos necesarias para los puntos de nuestra red.

En la siguiente tabla está el presupuesto para el estudio de la red Mesh con equipos Mikrotik:

Figura 5.9 Presupuesto equipos Mikrotik

Producto	Valor Unit.	Cant.	Valor Total
RB411AH	119	5	595
Big outdoor case	89	5	445
R52Hn	59	5	295
24v power supply	18	5	90
MCX pigtail	15	10	150
Cable Coaxial	25	10	250
TOTAL			1.825

Fuente: (Mier & Velasquez, Presupuesto equipos Mikrotik, 2013)

- La marca **Teletronics** tiene un software propio que es basado bajo el kernel de Unix de igual forma que el Mikrotik basado en un kernel de Linux el inconveniente es que los equipos no se los puede personalizar y vienen bajo un chasis armado con dos interfaces inalámbricas de 2.4 y 5.8 los cuales no permiten el incrementar las interfaces inalámbricas.

En la siguiente tabla está el presupuesto para el estudio de la red Mesh con equipos Teletronics:

Figura 5.10 Presupuesto equipos Teletronics

Producto	Valor Unit	Cant.	Valor Total
Ez-mesh	800	3	2.400
Antena Hyperlink	499	3	1.497
Splitter	44.6	3	134
Cable Coaxial	25	15	375
TOTAL			11.238

Fuente: (Mier & Velasquez, Presupuesto equipos Teletronics, 2013)

- **Moto Mesh Dúo** de Motorola es una solución Mesh Wi-Fi de alto rendimiento diseñada para cumplir con los más estrictos objetivos de costo-eficiencia por kilómetro cuadrado y retorno sobre la inversión.

En la siguiente tabla está el presupuesto para el estudio de nuestra red Mesh con equipos Motorola:

Figura 5.11 Presupuesto equipos Moto Mesh Dúo

Producto	Valor Unit	Cant.	Valor Total
Moto Mesh Duo	2.718	3	8.154
Antena Hyperlink	569	3	1.707
Splitter	44,6	3	134
Cable Coaxial	25	15	375
TOTAL			10.370

Fuente: (Mier & Velasquez, Presupuesto equipos Moto Mesh Dúo, 2013)

Conclusiones

Al realizar el estudio se llevó a determinar cuál es el estado actual de la red inalámbrica de la Universidad Politécnica Salesiana campus sur una vez ya obtenido los datos requeridos y necesitados se utilizó los equipos Mikrotik para crear un prototipo de referencia.

Al utilizar una arquitectura en malla en una red inalámbrica, es una solución que permite aprovechar la red WiFi sin licencia para ampliar el alcance de las redes de banda ancha, proporcionar diferentes servicios y proporcionar varias aplicaciones en condiciones seguras, y garantizar una experiencia de alta calidad para todos los usuarios.

Este prototipo de referencia creando la red Mesh con equipos Mikrotik para dar cobertura a gran parte de la Universidad Politécnica Salesiana campus sur se puso a prueba la disponibilidad, el desempeño, las seguridades obteniendo buenos resultados con estos equipos.

Se probó el protocolo VRRP con respecto a los proveedores y dando servicio de internet, con este protocolo usando los equipos Mikrotik se tuvo un favorable uso y desempeño teniendo con esto confiabilidad evitando la perdida de servicio de internet si este fallara alguno de los equipos.

Al comparar costos con otros equipos que hacen redes Mesh se muestra un mejor desempeño, mejores características, variedad bajo costos y a su vez un mejor beneficio todo esto hace una mejor opción al elegir equipos Mikrotik.

Recomendaciones

Antes de iniciar con la implementación de un prototipo es necesario un estudio que permita garantizar su factibilidad, teniendo en cuenta el proveedor del servicio, hasta los lugares que se utilizaran para establecer los puntos de acceso ya que sin un estudio adecuado pueden surgir varios problemas e inconvenientes.

Para una inversión en nuevo equipo para la implementación es recomendable estudiar las alternativas que ofrece el mercado actual evaluando su disponibilidad y el alcance que puede ofrecer.

Se deben manejar programas que permitan evaluar el desempeño de la red y tener un control más riguroso con el fin de evitar posibles problemas como saturamientos caídas de algún punto de acceso de una red entre otros.

Una red inalámbrica debe poseer un buen sistema de redundancia permite al administrador gestionar problemas a tiempo real y para evitar problemas a los usuarios

Para accesos de los usuarios se debe tener un control un ejemplo de esto es mediante Hotspot una manera eficiente de autorizar a los usuarios al tener acceso a los recursos y servicios proporcionados en la red.

Glosario

1. **AP (Wireless Access Point).**- Es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación alámbrica para formar una red inalámbrica.
2. **AES (Advanced Encryption Standard).**- Es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos.
3. **Backhaul (Red de retorno).** - Es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes.
4. **Broadcast.**- Envía información a todos los dispositivos que se encuentren conectados en la misma red.
5. **Backhaul (Red de retorno).** - Es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes.
6. **CCK (Modulación por código complementario).**- es un esquema de modulación utilizado con redes inalámbricas complementar el código Barker en redes inalámbricas digitales para lograr velocidad de datos superior a 2 Mbit / s a expensas de la distancia más corta.
7. **Calidad de Servicio (QoS).**- Son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo dado (throughput). Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio.
8. **CDMA (Code Division Multiple Access - Acceso múltiple por división de código).**- Es un término genérico para varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio, usa una tecnología de Espectro Ensanchado, es decir la información se extiende sobre un ancho de banda muy mayor que el original, conteniendo una señal (código) identificativa.

9. **CPE (Customer Premises Equipment - Equipo Local del Cliente).**- Es un equipo de telecomunicaciones que puede proveer una combinación de servicios incluyendo datos, voz, video y un host de aplicaciones multimedia interactivos.
10. **DSSS (Espectro ensanchado por secuencia directa).**- Es uno de los métodos de codificación de canal (previa a la modulación) en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas que más se utilizan.
11. **DFS (Dynamic Frequency Selection)** pretende evitar interferencias co-canal con sistemas de radar y asegurar una utilización uniforme de los canales disponibles
12. **DoS (ataques de denegación de servicio).**- tiene como objetivo imposibilitar el acceso a los servicios y recursos de una red durante un período indefinido de tiempo.
13. **Freifunk.** Es una iniciativa para el desarrollo de herramientas para redes de malla libres y apoyar a las comunidades que despliegan redes. Ofrece un firmware especializado para abrir nuevas redes de malla inalámbricas ad-hoc utilizando WLAN comunicación de capa 2 y capa 3.
14. **Firewall.** - Está diseñada para bloquear el acceso no autorizado, permitiendo al mismo tiempo comunicaciones autorizadas
15. **GSM (Global System for Mobile communications - Sistema Global para las comunicaciones Móviles).**- Es un servicio ofrecido por las empresas operadoras de telefonía móvil que permite determinar, con una cierta precisión, donde se encuentra físicamente un terminal móvil determinado.
16. **Gateway.**- permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación

- 17. Hotspot.-** Es un sitio que ofrece acceso a Internet sobre una red de área local inalámbrica mediante el uso de un enrutador conectado a un vínculo a un proveedor de servicios Internet.
- 18. Hertz (Hz).-** Es la unidad de frecuencia definido como el número de ciclos por segundo de un fenómeno periódico
- 19. Hub.-** Es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndola por sus diferentes puertos.
- 20. HSRP (Hot Standby Router Protocol). -** Es un protocolo propietario de Cisco y su RFC es el 2281, ayuda con la redundancia en el primer salto. Así en caso de que algún Router deje de funcionar o pierda conexión a internet podemos tener un respaldo en otro Router.
- 21. IP.-** es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica a un interfaz
- 22. LAN.-** es la interconexión de una o varias computadoras, su extensión está limitada físicamente a un edificio
- 23. IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).-** Es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas. Es la mayor asociación
- 24. MAC (Media access control - Control de acceso al medio).-** Es un identificador de 48 bits (6 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red. Se conoce también como dirección física, y es única para cada dispositivo. Está determinada y configurada por el IEEE (los últimos 24 bits) y el fabricante (los primeros 24 bits) utilizando el organizationally unique identifier.

- 25. MIMO (Múltiple entrada múltiple salida).**- Se refiere a la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción en antenas para dispositivos inalámbricos.
- 26. MME (Mesh Made Easy).**- Es un protocolo de enrutamiento adecuado para Mikrotik nivel de enrutamiento IP en redes malladas inalámbricas. Se basa en las ideas de BATMAN (Better Approach a Mobile Ad-hoc Networking) protocolo de enrutamiento.
- 27. Mikrotik.**- Es una compañía vendedora de equipo informático y de redes. Vende principalmente productos de comunicación inalámbrica como routerboards o routers, también conocidos por el software que lo controla llamado RouterOS.
- 28. Multicast.**- Es un mecanismo eficiente para transmitir los mismos datos a múltiples receptores.
- 29. NetPerSec.**- Medidor de Tráfico.
- 30. SNMP (Protocolo simple de administración de red).** - Es un protocolo que les permite a los administradores de red administrar dispositivos de red y diagnosticar problemas en la red.
- 31. OLSR (Optimized Link State Routing).**- Es un mecanismo estándar de enrutamiento pro-activo, que trabaja en forma distribuida para establecer las conexiones entre los nodos en una red inalámbrica ad hoc (mobile ad hoc networks, MANETs).
- 32. OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales).**- es una multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK

- 33. Plano de Polarización.-** Es el que se encuentra compuesto por los vectores del campo eléctrico y el vector de Poynting (que se encuentra en la misma dirección de desplazamiento de la onda)
- 34. PHY (Capa Física).-** Es la interfaz entre el MAC y el medio inalámbrico. Provee de tres niveles de funcionalidad: intercambiar tramas entre PHY y MAC, utilizar portador de señal (signal carrier) y modulación de espectro ensanchado (spread spectrum) para transmitir tramas a través del medio y proveer al MAC de un indicador de detección de portadora (carrier sense indication) para señalar actividad en el medio.
- 35. Radius (Remote Authentication Dial In User Service). -** Es un protocolo AAA (Autenticación, Autorización y Administración) para aplicaciones como acceso a redes o movilidad IP.
- 36. RFC 3768.-** Este documento especifica las normas de un protocolo de Internet y solicita debate, sugerencias para mejoras.
- 37. SDM (Security Device Manager).-** Es una herramienta de mantenimiento basada en una interfaz web desarrollada por Cisco. No es simplemente una interfaz web. Es una herramienta java accesible a través del navegador mediante la cual vamos a poder remplazar el CLI (línea de comandos) de cisco por una interfaz gráfica mediante HTTP más amigable y sencilla.
- 38. Site Survey (Evaluación de Sitio).-** Es el proceso de planificación y diseño de una red inalámbrica, para proporcionar una solución inalámbrica que proporcionará la cobertura requerida inalámbrico, las tasas de datos, capacidad de red, capacidad de itinerancia y Calidad de Servicio (QoS).
- 39. SSID (Service Set Identifier).-** Es un nombre incluido en todos los paquetes de una red inalámbrica para identificarlos como parte de esa red
- 40. STG (Sistema de Tableros de Gestión).-** Es un conjunto de vistas, indicadores y ranking, que presentan la información de diversas métricas sumariadas y con

semáforos (iconos) y colores que informarán de estados respecto de parámetros de control.

- 41. **SNMP (Protocolo simple de administración de red).**- Es un protocolo que les permite a los administradores de red administrar dispositivos de red y diagnosticar problemas en la red.
- 42. **TCP.**- Es un protocolo de comunicación orientado a conexión y fiable del nivel de transporte
- 43. **TDMA (Time Division Multiple Access).** - Es una tecnología inalámbrica de segunda generación, que distribuye las unidades de información en ranuras alternas de tiempo, dando acceso múltiple a un número reducido de frecuencias. TDMA permite dar servicios de alta calidad de voz y datos.
- 44. **TPC (Transmitter Power Control)** permite limitar la potencia transmitida para diferentes canales en una determinada región, de manera que se minimiza la interferencia con sistemas de satélite.
- 45. **UDP.**- es un protocolo no orientado a conexión de la capa de transporte, no proporciona detección de errores
- 46. **VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol).**- Es un protocolo de redundancia abierto descrito en el RFC 3768 diseñado para incrementar la disponibilidad de la puerta de enlace predeterminada en los hosts dentro de una misma subred.
- 47. **VRRPD.**- Es una implementación del protocolo de redundancia de router virtual RFC2338. Es interoperable con otras implementaciones basadas en VRRP RFC, incluyendo Cisco y Juniper, y se incluye como una característica estándar en los routers IMAGESTREAM.

- 48. WEP (Wired Equivalent Privacy).**- Es el sistema de cifrado incluido en el estándar IEEE 802.11 como protocolo para redes Wireless que permite cifrar la información que se transmite.
- 49. Wireless Mesh Network.**- Es una red de comunicaciones compuesta por la radio los nodos organizados en una malla de topología. Las redes inalámbricas de malla a menudo consisten en clientes de malla, routers y gateways de malla
- 50. Winbox.**- Es un programa ejecutable que se utiliza para conectar y configurar routers Mikrotik a través de una interfaz gráfica de usuario
- 51. Wi-Fi (Wireless Fidelity).**- Es un conjunto de estándares para conexión inalámbrica de banda ancha a una red de datos y/o Internet, con dispositivos adaptados a Wi-Fi (portátiles, PDA, móviles Wi-Fi, etc.).
- 52. WISP (Wireless Internet Service Provider - Proveedor de Servicios de Internet).**- Son proveedores que ofrecen Internet vía Wi-Fi.
- 53. WLL (Bucle local inalámbrico - Wireless local loop).**- Es el uso de un enlace de comunicaciones inalámbricas como la conexión de "última milla" para ofrecer servicios de telefonía (POTS) e Internet de banda ancha a los usuarios. Se trata principalmente del uso de frecuencias licenciadas, descartándose las llamadas "bandas libres" debido a la carencia de garantías, por tratarse de frecuencias de uso compartido, con el correspondiente riesgo de saturación e indisponibilidad de la red.
- 54. WLAN (Wireless Local Area Network).**- Es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible muy utilizado como alternativa a la LAN cableada o como una extensión de ésta. Utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizarse las conexiones cableadas. Las WLAN van adquiriendo importancia en muchos campos, como almacenes o para manufacturación, en los que se transmite la información en tiempo real a una terminal central. También son muy populares en los hogares para compartir un acceso a Internet entre varias computadoras.

55. WPA (Wifi Protect Access).- Es un mecanismo de control de acceso a una red inalámbrica, pensado con la idea de eliminar las debilidades de WEP. También se le conoce con el nombre de TSN (Transition Security Network).

Referencias Bibliográficas

- Alexander. (10 de 06 de 2009). *Electrónica y Electricidad - Onda*. Recuperado el 22 de 09 de 2012, de <http://alex16-electronicayelectricidad.blogspot.com/2009/06/onda.html>
- Avila. (1 de 07 de 20011). *Blog Redes Inalambricas*. Recuperado el 9 de 11 de 2012, de <http://redes-inalambrica-avila.blogspot.com/2011/07/redes-inalambricas-avila.html>
- Balliache, L. (2012). *Practical IP Network QoS*. Recuperado el 25 de 11 de 2012, de <http://www.softwareopal.com/qos/default.php>
- Carranza, Y., López, P., & Vicentel, E. (28 de 02 de 2007). *DSpace*. Recuperado el 02 de 12 de 2012, de <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/6262/1/ICE124.pdf>
- Carvajal, C. (2002). *Astronomía Autodidacta*. Recuperado el 18 de 11 de 2012, de <http://almaak.tripod.com/temas/espectro.htm>
- Carvajal, C. (2002). *Astrónomo Autodidacta*. Recuperado el 18 de 11 de 2012, de <http://almaak.tripod.com/temas/espectro.htm>
- Covera. (2013). *Visualize the coverage of your Wi-Fi network*. Recuperado el 6 de 01 de 2013, de <http://www.celtrio.com/home/>
- CYBERCOM Cable & Wireless. (s.f.). *Cybercom Cable & Wireless*. Recuperado el 8 de 11 de 2012, de http://www.cybercom-cw.com.ar/pdf/Cybercom_WLAN_Paper.PDF
- Di Rienzo, V., Pica, G., & Roche, E. (2008). *scribd*. Recuperado el 28 de 11 de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/7700198/11/Arboles-de-colas>
- DoubleRadius. (2012). *Antena Ubiquiti AirMAX 2.4GHz Sectors*. Recuperado el 5 de 01 de 2013, de <http://www.doubleradius.com/Products/AirMax-Antennas/>
- externo (Ed.). (28 de 10 de 2008). *dklight.info*. Recuperado el 8 de 10 de 2012, de http://www.dklight.info/manuales:nexxt:montevideo:primer_dia:radio
- Fernández, L. (04 de 2011). *Ciencias Físicas Primero: Espectro Electromagnético*. Recuperado el 18 de 11 de 2012, de <http://cs-fs-primero.blogspot.com/2011/04/espectro-electromagnetico.html>

- Figaro, n. (s.f.). *ATLANTIC INTERNATIONAL UNIVERSITY*. Obtenido de <https://www.aiu.edu/applications/.../1-262013-75436-245098455.docx>
- Freddy, C., & Timbi, N. (29 de 11 de 2006). *Repositorio UPS*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/214>
- Frenzel, A., Carrasco, A., Monachesi, E., & Chaile, M. (2010). *edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional*. Obtenido de http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_frt/fis_ondas_rad_IEEE802-11b.pdf
- Jaramillo, M. I. (2012). *sonidoyondasmariaisabel*. Recuperado el 23 de 09 de 2012, de <http://sonidoyondasmariaisabel.blogspot.com/2012/05/reflexion-y-refraccion.html>
- Javvin Company. (s.f.). *Javvin Network Management & Security*. Recuperado el 25 de 10 de 2012, de <http://www.javvin.com/protocol80211i.html>
- Masadelante*. (1999). Obtenido de <http://www.masadelante.com/faqs/ancho-de-banda>
- Merlos, J. (2 de 12 de 2004). *merlos.org*. Obtenido de <http://www.merlos.org/documentos/articulos/1-dtfzine-4-radiocomunicaciones-parametrizando-antenas.html>
- Mier, D., & Velasquez, S. (24 de 12 de 2012). Ancho de Banda típico para servicios de datos.
- Mier, D., & Velasquez, S. (4 de 12 de 2012). Arquitectura de red Mesh con Tecnología WIFI.
- Mier, D., & Velasquez, S. (8 de 01 de 2013). Presupuesto equipos Mikrotik.
- Mier, D., & Velasquez, S. (9 de 01 de 2013). Presupuesto equipos Moto Mesh Dúo.
- Mier, D., & Velasquez, S. (8 de 11 de 2013). Presupuesto equipos Teletronics.
- Mier, D., & Velasquez, S. (4 de 01 de 2013). Ubicación de las unidades. Quito.
- Mikrotik. (2012). *Mikrotik*. Recuperado el 19 de 12 de 2012, de http://download.mikrotik.com/what_is_routeros.pdf.
- MikroTik. (s.f.). *Download MikroTik software products*. Recuperado el 5 de 01 de 2013, de <http://www.mikrotik.com/download>
- Netkrom Group. (2005). *Netkrom*. Recuperado el 28 de 11 de 2012, de http://www.netkrom.com/es/about_line_of_sight.php?item=resources

- Netkrom Group. (2005). *Netkrom*. Recuperado el 28 de 11 de 2012, de http://www.netkrom.com/es/about_line_of_sight.php?item=resources
- Netkrom Group. (2005). *Netkrom*. Recuperado el 28 de 11 de 2012, de http://www.netkrom.com/es/about_line_of_sight.php?item=resources
- Olmo, M., & Nave, R. (08 de 2000). *HyperPhysics*. Recuperado el 16 de 11 de 2012, de http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/imgpho/polell.gif&imgrefurl=http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polclas.html&usg=__YkSAF3QTGI9sTAy1kH9VomS6weY=&h=342&w=488&sz=15&hl=es&start=3&sig2
- Olmo, M., & Nave, R. (2005). *HyperPhysics*. Recuperado el 18 de 11 de 2012, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polclas.html>
- Olmo, M., & Nave, R. (2005). *HyperPhysics*. Recuperado el 16 de 11 de 2012, de http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/imgpho/polcir.gif&imgrefurl=http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polclas.html&usg=__p-hW6HSGVjXabnmZeJOWm3zlTY=&h=332&w=493&sz=17&hl=es&start=6&sig2
- Olmo, M., & Nave, R. (2005). *HyperPhysics*. Recuperado el 15 de 11 de 2012, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polclas.html>
- pdafn.com. (1999). *pdafn.com*. Recuperado el 6 de 11 de 2012, de http://www.pdafn.com/vertical/features/wireless_4.xml
- Pellejero, I. (5 de 02 de 2010). *Blog de Ismael Pellejero Ibáñez – Ingeniero de Telecomunicación, EA4FSI-28T1*. Recuperado el 5 de 11 de 2012, de <http://emercomms.ipellejero.es/2010/02/05/red-wifivsat-de-inveneo-en-haiti/>
- RF Fiber Optic Solutions by Foxcom Leading the Industry. (1995). *antenna-theory*. Recuperado el 16 de 11 de 2012, de <http://www.antenna-theory.com/spanish/basics/polarization.php>
- RouterBOARD. (s.f.). RouterBOARD 411AH. Recuperado el 2 de 01 de 2013, de http://routerboard.com/pricelist/download_file.php?file_id=292
- Rubio, O. A. (s.f.). *Fundamentos de Audio - Laboratorio de Electrónica*. Recuperado el 20 de 09 de 2012, de <http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Otros/Audio/html/imgs/acustica05.gif&imgrefurl=http://www.info->

ab.uclm.es/labellec/Solar/Otros/Audio/html/acustica1.html&usg=__C9fLajMEam
kKIMQQKqmyx55Pv5o=&h=326&w=500&sz=14&hl

Santos, J. (21 de 02 de 2005). *Projeto de Redes*. Obtenido de
http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_tecnologia_wll.php
shlomifish. (s.f.).

Teletronics International Inc. (2011). *Introducing EZMESH™*. Recuperado el 2 de 01 de
2013, de <http://www.teletronics.com/EZMesh.html>

Torres, C., & Páez, C. (06 de 2008). *SciELO Colombia*. Recuperado el 25 de 09 de
2012, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-
21262008000100002&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-21262008000100002&script=sci_arttext)

Triton Networks. (2012). *Triton Networks*. Recuperado el 7 de 11 de 2012, de
[http://tritonnetworks.com.co/index.php?page=shop.browse&category_id=17&op
tion=com_virtuemart&Itemid=45&vmcchk=1&Itemid=45](http://tritonnetworks.com.co/index.php?page=shop.browse&category_id=17&option=com_virtuemart&Itemid=45&vmcchk=1&Itemid=45)

Ubiquiti networks. (s.f.). Obtenido de <http://wifi.cablesyredes.com.ar/index.html>

ubiquitiworks. (2012). *ubiquitiworks*. Recuperado el 3 de 01 de 2013, de
<http://www.ubiquitiworks.com/datasheets/airMAX/AirMax2GSectors.pdf>

Valle, L. (2003). *UP - Universidad de Palermo*. Recuperado el 30 de 11 de 2012, de
<http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/CyT6/6CyT%2012.pdf>

Vyatta. (s.f.). *OPENREDES*. Recuperado el 3 de 12 de 2012, de
[http://www.openredes.com/2012/04/04/ejemplo-de-configuracion-de-vrrp-en-
vyatta-ha-con-vyatta/configurar-vrrp-vyatta/](http://www.openredes.com/2012/04/04/ejemplo-de-configuracion-de-vrrp-en-vyatta-ha-con-vyatta/configurar-vrrp-vyatta/)

Wallace, C. (8 de 05 de 2012). *Redoss*. Recuperado el 5 de 11 de 2012, de
<http://redoss.wordpress.com/2012/05/08/redes-inalambricas-2/>

Wifi Analyzer. (2013). *playstore*. Recuperado el 6 de 01 de 2013, de
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.farproc.wifi.analyzer&hl=es>

Yerovi, N. d., & Flores, J. (2010). *dspace.esPOCH*. Recuperado el 8 de 11 de 2012, de
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/542/1/18T00433.pdf>

Zelaya, W. (2010). *Zonas de Fresnel en redes inalambricas*. Recuperado el 20 de 11 de
2012, de [http://www.youblisher.com/p/163794-Zonas-de-Fresnel-en-redes-
inalambricas](http://www.youblisher.com/p/163794-Zonas-de-Fresnel-en-redes-inalambricas)

ANEXOS

- ANEXO A: Datasheet Poe
- ANEXO B: Datasheet MiniPci R52Hn
- ANEXO C: Datasheet RB411AH
- ANEXO D: Datasheet RB 411 selection guide
- ANEXO E: Datasheet Antena Sectoria Ubiquiti



POE-24

Designed by Ubiquiti for BaseStation Equipment



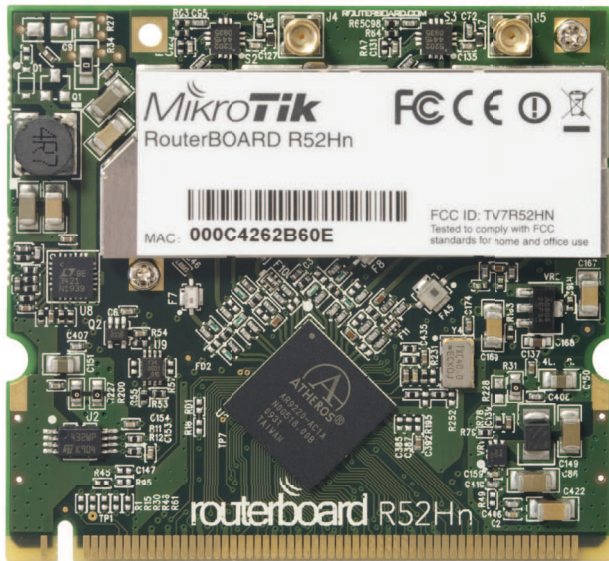
EU Version AC Cable with Earth Ground

USA Version AC Cable with Earth Ground

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Output Voltage	24VDC @1.0A
Input Voltage	90-260VAC @47-63Hz
Input Current	0.3A @120VAC, 0.2A @230VAC
Inrush Current	<15A peak @120VAC, <30A peak
Efficiency	70+%
Output Ripple	1% Max
Switching Frequency	200kHz
Line Regulation	+/- 0.5%
Load Regulation	+/- 1%
Operating Temperature	-10C to +60 deg C
Storage Temperature	-20 to +85 deg C
Operating Humidity	-10C to +60 deg C
Size (LXWXH)	85 x 55 x 33 (mm)
Weight	4 oz
AC Connector	IEC-320 C6
Data IN / POE	RJ45 Shielded Socket
80% Current Indicator	Power LED will change color
Surge Protection	Common Mode
Clamping Protection	11V Data, 77.5V Power
Max Surge Discharge	1200A (8/20uS) Power
Peak Pulse Current	36A (10/1000uS Data)
Shunt Capacitance	<5pF data
Response Time	<1nS
Compliance	UL, EN55022 (CISPR22) class B, Meets CE
SPECIAL FEATURES	
LAN Activity Indicator	Detects if LAN is connected to device
Remote Reset Capability	Supports Airmax Bullet,Rocket,Nano,Pico

RouterBOARD R52Hn

802.11a/b/g/n dual band miniPCI card



- Dual band IEEE 802.11a/b/g/n standard
- Output Power of up to 25dBm @ a/g/n Band
- Support for up to 2x2 MIMO with spatial multiplexing
- Four times the throughput of 802.11a/g
- Atheros AR9220, chipset
- High Performance (up to 300Mbps physical data rates and 200Mbps of actual user throughput) with Low Power Consumption
- 2 X MMCX Antenna Connector (J4 - Chain 0)
- Modulations:
 - OFDM:** BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM
 - DSSS:** DBPSK, DQPSK, CCK
- Operating temperatures: -50°C to +60°C
- Idle power consumption 0.4W
- Max power consumption 7W
- MiniPCI IIIA+ design (3mm longer than MiniPCI IIIA)
- 1.5mm heatsink, 3mm RF shield thickness
- ±10KV ESD protection on RF ports

RouterBOARD R52Hn miniPCI network adapter provides leading 802.11a/b/g/n performance in both 2GHz and 5GHz bands, supporting up to 300Mbps physical data rates and up to 200Mbps of actual user throughput on both the uplink and downlink. 802.11n in your Wireless device provides higher efficiency for everyday activities such as local network file transfers, Internet browsing, and media streaming. R52Hn has a high power transmitter, bringing you even more range.

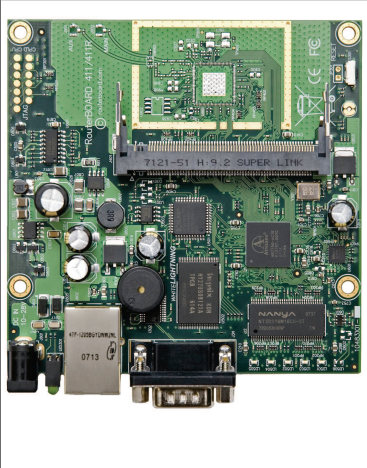
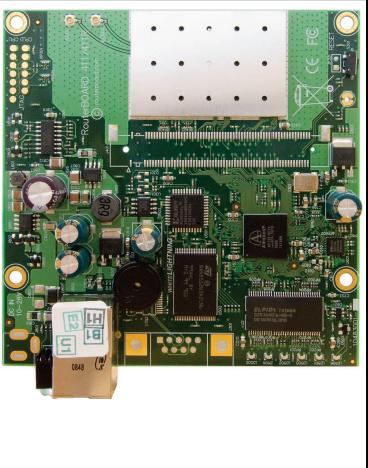
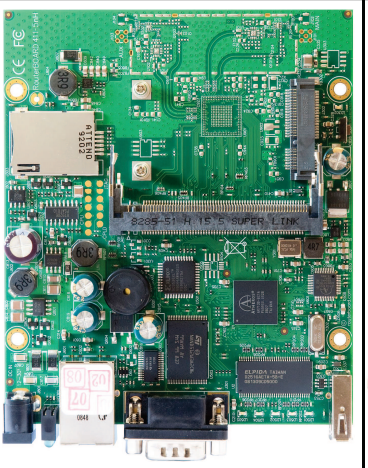
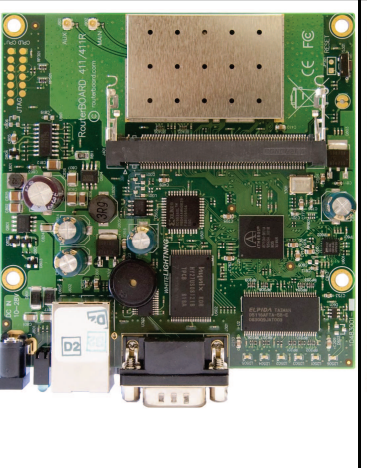
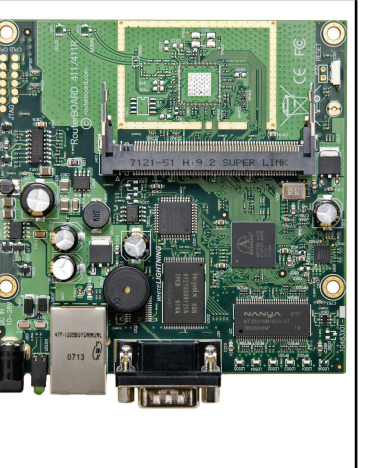
802.11b	RX Sensitivity	TX Power
1Mbit	-93	24
11Mbit	-93	24
802.11g		
6Mbit	-94	25
54Mbit	-81	22
802.11n 2.4GHz		
MCS0 20MHz	-94	25
MCS0 40MHz	-92	24
MCS7 20MHz	-78	21
MCS7 40MHz	-75	20

802.11a	RX Sensitivity	TX Power
6Mbit	-97	25
54Mbit	-80	21
802.11n 5GHz		
MCS0 20MHz	-97	24
MCS0 40MHz	-92	22
MCS7 20MHz	-77	18
MCS7 40MHz	-74	17

Data Rates

802.11b	
	11Mbps; 5.5Mbps; 2Mbps; 1Mbps
802.11a/g	
	54Mbps; 48Mbps; 36Mbps; 24Mbps; 18Mbps; 12Mbps; 9Mbps; 6Mbps
802.11n	
20MHz	1Nss: 65Mbps @ 800GI, 72.2Mbps @ 400GI (Max.) 2Nss: 130Mbps @ 800GI, 144.4Mbps @ 400GI (Max.)
40MHz	1Nss: 135Mbps @ 800GI, 150Mbps @ 400GI (Max.) 2Nss: 270Mbps @ 800GI, 300Mbps @ 400GI (Max.)

RouterBOARD 411 selection guide

					
Model	RB411	RB411R	RB411U	RB411AR	RB411AH
Recommended price	\$49	\$55	\$79	\$89	\$99
CPU	300MHz	300MHz	300MHz	300MHz	680MHz
DDR Memory	32MB	32MB	32MB	64MB	64MB
Serial port	yes	no serial port	yes	yes	yes
Built-in wireless module	no	802.11b/g	no	802.11b/g	no
USB ports	no	no	one	no	no
miniPCI	1	no	1	1	1
3G (miniPCle + SIM)	no	no	yes	no	no
Power Jack	yes	no	yes	yes	yes
RouterOS License	Level3	Level3	Level4	Level4	Level4

All RouterBOARD 411 series devices can be powered by 10-28V passive PoE power, have same mounting hole locations, have a beeper, have a status LED, all have the same type of NAND, and all have one 10/100 ethernet port.

5GHz AirMax 2x2 MIMO Basestation Sector Antennas

Revolutionary, Cost/Performance Breakthrough Carrier Class MIMO BaseStation Antennas



AirMax Sector **5G-20-90**
Hi-gain 20dBi, 90deg.



AirMax Sector **5G-19-120**
Hi-Gain 19dBi, 120deg.

airMAX

MIMO TDMA Protocol System




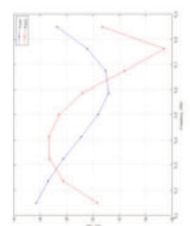




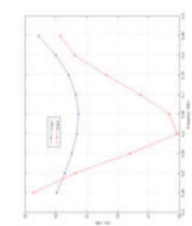
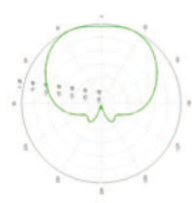
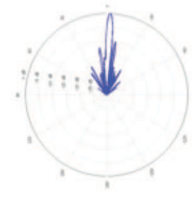



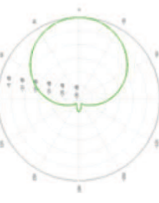
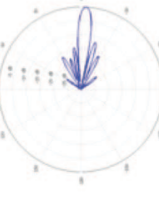


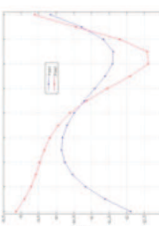
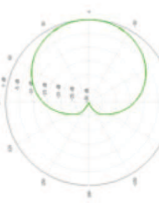
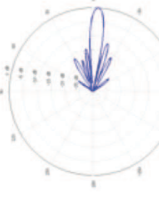
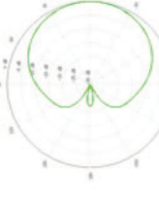
AirMax Sector **5G-17-90**
Mid-Gain 17dBi, 90deg



AirMax Sector **5G-16-120**
Mid-Gain 16dBi, 120 deg.

AirMax 5GHz Carrier Class Sector 2x2 MIMO Antennas

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Hi-Gain Airmax Sector 5G-90-20						
Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	V-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	H-Pol Elevation
	Frequency Range	5.15-5.85 GHz				
	Gain	19.4-20.3 dBi				
	Polarization	Dual Linear				
	Cross-pol Isolation	28dB min.				
	Max VSWR	1.5:1				
	Hpol Beamwidth (6dB)	91 deg.				
	Vpol Beamwidth (6dB)	85 deg.				
	Elevation Beamwidth	4 deg.				
	Electrical Down tilt	2 deg.				
	ETSI Specification	EN 302 326 DN2				
	Dimensions	700x145x93mm				
	Weight	5.9 kg				
	Windloading	160 mph				
Hi-Gain Airmax Sector 5G-120-19						
Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	V-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	H-Pol Elevation
	Frequency Range	5.15-5.85 GHz				
	Gain	18.6-19.1dBi				
	Polarization	Dual Linear				
	Cross-pol Isolation	28dB min.				
	Max VSWR	1.5:1				
	Hpol Beamwidth (6dB)	123 deg.				
	Vpol Beamwidth (6dB)	123 deg.				
	Elevation Beamwidth	4 deg.				
	Electrical Down tilt	2 deg.				
	ETSI Specification	EN 302 326 DN2				
	Dimensions	700x145x79 mm				
	Weight	5.9 kg				
	Windloading	160 mph				
Mid-Gain Airmax Sector 5G-90-17						
Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	V-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	H-Pol Elevation
	Frequency Range	4.90-5.85 GHz				
	Gain	16.1-17.1dBi				
	Polarization	Dual Linear				
	Cross-pol Isolation	22dB min.				
	Max VSWR	1.5:1				
	Hpol Beamwidth (6dB)	72 deg.				
	Vpol Beamwidth (6dB)	93 deg.				
	Elevation Beamwidth	8 deg.				
	Electrical Down tilt	4 deg.				
	ETSI Specification	EN 302 326 DN2				
	Dimensions	367x63x41mm				
	Weight	1.1kg				
	Windloading	120 mph				
Mid-Gain Airmax Sector 5G-120-16						
Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	V-Pol Elevation	H-Pol Azimuth	H-Pol Elevation
	Frequency Range	5.10-5.85 GHz				
	Gain	15.0-16.0dBi				
	Polarization	Dual Linear				
	Cross-pol Isolation	22dB min				
	Max VSWR	1.5:1				
	Hpol Beamwidth (6dB)	137 deg.				
	Vpol Beamwidth (6dB)	118 deg.				
	Elevation Beamwidth	8 deg.				
	Electrical Down tilt	4 deg.				
	ETSI Specification	EN 302 326 DN2				
	Dimensions	367x63x41mm				
	Weight	1.1 kg				
	Windloading	120 mph				



MIMO TDMA Protocol System

Instantly pair with Rocket M5 to create a powerful AirMax 2x2 MIMO PtMP BaseStation. Mating bracket and weatherproof RF jumpers included.

rocket M5

